

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-537765

(P2004-537765A)

(43) 公表日 平成16年12月16日(2004.12.16)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G02F 1/167

G09F 9/00

F I

G02F 1/167

G09F 9/00 3 3 8

G09F 9/00 3 4 8 Z

テーマコード (参考)

5 G 4 3 5

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 64 頁)

(21) 出願番号 特願2003-518190 (P2003-518190)  
 (86) (22) 出願日 平成14年7月11日 (2002.7.11)  
 (85) 翻訳文提出日 平成16年1月27日 (2004.1.27)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2002/021967  
 (87) 国際公開番号 W02003/013148  
 (87) 国際公開日 平成15年2月13日 (2003.2.13)  
 (31) 優先権主張番号 09/917,325  
 (32) 優先日 平成13年7月27日 (2001.7.27)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

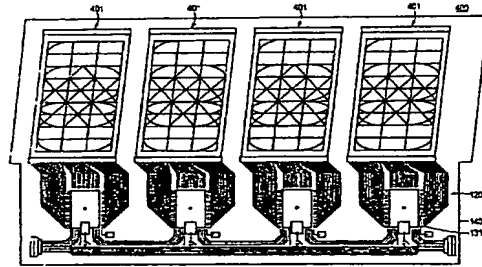
(71) 出願人 500080214  
 イー・インク コーポレーション  
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02  
 138, ケンブリッジ, コンコード  
 アベニュー 733  
 (74) 代理人 100078282  
 弁理士 山本 秀策  
 (74) 代理人 100062409  
 弁理士 安村 高明  
 (74) 代理人 100113413  
 弁理士 森下 夏樹  
 (72) 発明者 アルバート, ジョナサン ディー.  
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02  
 139, ケンブリッジ, パットナム  
 アベニュー 346

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内蔵のドライバを有するマイクロカプセル化された電気泳動ディスプレイ

## (57) 【要約】

マウントされるディスプレイアセンブリは、ディスプレイ素子およびコントロール回路を共にサポートする可撓性基板を含む。ディスプレイアセンブリは、概して、可撓性基板上に形成された電気的な接続と、第1および第2の接触パッドを有する電気的な接続と、第1の接触パッドと電気的に導通するディスプレイ素子と、可撓性基板上にマウントされ、第2の接触パッドと電気的に導通するコントロール回路とを含む。好適な実施形態において、ディスプレイ素子は、マイクロカプセル化電気泳動ディスプレイ媒体を含む。別の実施形態において、プリンティングプロセスは、ディスプレイアセンブリのための製造方法に用いられる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

可撓性基板と、  
該可撓性基板上に形成され、かつ、互いに間隔を空けた第 1 および第 2 の接触パッドを有する電氣的な接続と、  
該第 1 の接触パッドと電氣的に導通する電気泳動ディスプレイ素子と、  
該可撓性基板上にマウントされ、該第 2 の接触パッドと電氣的に導通するコントロール回路と  
を含む、マウントされた電気泳動ディスプレイアセンブリ。

## 【請求項 2】

10

前記コントロール回路は、硬化性可能な、電気伝導性熱硬化性を有する前記第 2 の接触パッドに接続される、請求項 1 に記載のディスプレイアセンブリ。

## 【請求項 3】

前記コントロール回路は、電気伝導性インクを有する前記第 2 の接触パッドに接続される、請求項 1 に記載のディスプレイアセンブリ。

## 【請求項 4】

前記コントロール回路は、電気伝導性塗料を有する前記第 2 の接触パッドに接続される、請求項 1 に記載のディスプレイアセンブリ。

## 【請求項 5】

前記コントロール回路は、前記第 2 の接触パッドと電氣的に導通するコントロール回路キャリアに取り外し可能にマウントされることによって該第 2 の接触パッドに接続される、請求項 1 に記載のディスプレイアセンブリ。

20

## 【請求項 6】

前記コントロール回路は、電気泳動ディスプレイドライバチップを含む、請求項 1 に記載のディスプレイアセンブリ。

## 【請求項 7】

可撓性基板を提供するステップと、  
互いに間隔を空けた第 1 の接触パッドおよび第 2 の接触パッドを有する電氣的接続を該基板上に提供するステップと、  
該第 2 の接触パッドと電氣的に導通するコントロール回路を該基板上にマウントするステップと、  
該第 1 の接触パッドと電氣的に導通する電気泳動ディスプレイ素子を提供するステップと  
を包含する、電気泳動ディスプレイアセンブリを製造する方法。

30

## 【請求項 8】

前記電氣的接続線を基板上に形成するステップは、プリンティングプロセスを包含する、請求項 7 に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記電気泳動ディスプレイ素子を提供するステップは、プリンティングプロセスを包含する、請求項 7 に記載の方法。

40

## 【請求項 10】

第 1 の可撓性基板を提供するステップと、  
互いに間隔を空けた第 1 の接触パッドおよび第 2 の接触パッドを有する電氣的な接続を該第 1 の可撓性基板上に形成するステップと、  
該第 2 の接触パッドと電氣的に導通するコントロール回路を該第 1 の可撓性基板上にマウントするステップと、  
第 2 の可撓性基板を提供するステップと、  
電気泳動ディスプレイ素子を該第 2 の可撓性基板上に蒸着するステップと、  
該第 2 の可撓性基板に隣接して該第 1 の可撓性基板を蒸着するステップであって、これにより、該第 1 の接触パッドが該電気泳動ディスプレイ素子をアドレス指定する、ステップと

50

を包含する、電気泳動ディスプレイアセンブリを製造する方法。

【請求項 11】

前記電気泳動ディスプレイ素子を第2の可撓性基板上に蒸着するステップは、プリンティングプロセスを包含する、請求項10に記載の方法。

【請求項 12】

前記第2の可撓性基板に隣接して第1の可撓性基板上に蒸着するステップは、積層するプロセスをさらに包含する、請求項10に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して、パネルタイプのディスプレイデバイスに関し、より詳細には、可撓性の電気泳動ディスプレイに関する。

【背景技術】

【0002】

パネルタイプの電気ディスプレイデバイスは、一般に、コントロール回路にマウントされた硬い回路基板を必要とする。例えば、ラップトップコンピュータに見出される液晶ディスプレイは、一般に、回路基板上にマウントされたいくつかの集積回路を有し、回路基板は、パネルの液晶部分の周りに配置される。ますます増大したパネルのサイズおよび解像度が開発されるので、パネルは、ディスプレイの製造において、より大きくて重い回路基板を必要とする傾向がある。

【0003】

このようなプリント回路基板は、製造するために費用がかかり、他のディスプレイコンポーネントとの物理的かつ電氣的なインタフェースに対してさらなるコストおよび複雑さを提供する。ディスプレイの表示媒体部（例えば、液晶部）上の導電体を、回路基板の導電体に接続するために必要とされるさらなる製造工程がまた、収率を悪くする。

【0004】

液晶メディアは、可撓性の基板での使用にあまり適していないが、薄くて可撓性のディスプレイを有することが多くのアプリケーションにとって望まれる。可撓性基板と、より低コストの導電プリンティング法とを組み合わせることによって、より低コストのディスプレイを様々なに使用する（例えば、ロールディスプレイ、経済的な大画面ディスプレイ、布に組み込まれたディスプレイおよび紙の代用品）可能性が維持される。あいにく、可撓性ディスプレイの利点の実現のために、回路基板のコストおよび回路基板の基板への接合という2つの障害がある。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0005】

広い意味では、本発明は、可撓性基板をより良く用いることによって、より単純かつ低コストの製造方法を提供し、可撓性ディスプレイの利点を認識する。ある局面において、本発明は、電気泳動ディスプレイアセンブリおよび電気泳動ディスプレイアセンブリを製造する方法によって、より低コスト、より可撓性、およびより役立つディスプレイデバイスを提供する。一実施形態において、ディスプレイアセンブリは、可撓性の基板、可撓性基板上に形成された電気接続、第1および第2の接触パッドを有する電気接続、第1の接触パッドと電氣的に導通する電気泳動ディスプレイ素子、および可撓性基板上にマウントされ、かつ、第2の接触パッドと電氣的に導通するコントロール回路を含む。

【0006】

一実施形態において、電気泳動ディスプレイアセンブリを製造する方法は、接触パッドを含む。可撓性基板上の電気接続線の形成と、コントロール回路リード線を接触パッドにボンディングすることによる可撓性基板上へのコントロール回路のマウントと、可撓性基板上への1つ以上の電気泳動ディスプレイ素子の形成とを含み、コントロール回路はディスプレイ素子を駆動する。

10

20

30

40

50

## 【0007】

硬いまたは可撓性基板上のディスプレイ素子を有する従来技術のディスプレイアセンブリの場合では、コントロール回路部は、一般に、硬い回路基板上にマウントされる。その結果、ディスプレイアセンブリおよびコントロール回路部分の基板部分は、物理的に接合される必要がある。このアプローチは、コストおよび信頼性の不利益を有する。

## 【0008】

対照的に、本発明は、一局面において、ディスプレイ素子およびコントロール回路を共有した可撓性基板上の同一の場所に配置する。これにより、可撓性パネルディスプレイの製造を可能にする。一実施形態において、電気泳動ディスプレイ媒体（詳細には、カプセル化電気泳動ディスプレイ媒体）の使用は、ディスプレイ媒体の光学性能上の実質的に有害な影響もなく実質的に曲げられ得る可撓性ディスプレイをもたらす。

10

## 【0009】

カプセル化電気泳動ディスプレイ媒体を使用することにより、さらに、ディスプレイ媒体を蒸着するための、より低コストのプリント方法の使用がさらに可能となる。好適な実施形態において、ディスプレイアセンブリは、単一のプリントステップにおいてディスプレイ素子とコントロール回路との間の電氣的な接続をプリントすることを提供する。

## 【0010】

一局面において、本発明は、個々のディスプレイ媒体基板とディスプレイの回路基板の部分を電氣的かつ物理的に結合することを引き起こされる製造ステップを削除する。ディスプレイ媒体およびコントロール回路によって共有される共通の可撓性基板の好適な実施形態において、結合するステップは削除され、コストおよび生産量が改良され、全体的により可撓性の構造が得られる。

20

## 【0011】

本発明は、電気泳動ディスプレイ媒体の有利な使用を可能にする。電気泳動ディスプレイは、液晶ディスプレイと比較した場合、良い明るさおよびコントラスト、広視野角、状態双安定、および低電力消費といった特性を有する。特に、カプセル化（または「マイクロカプセル化」）電気泳動ディスプレイ媒体の使用は、例えば、広範囲の可撓性または硬い基板上のディスプレイ媒体をプリントまたはコーティングする能力といった、利点を提供する。さらに、ディスプレイ媒体が（多様な方法を用いて）プリントされ得るので、ディスプレイ自体がより低コストに製造され得る。

30

## 【0012】

マイクロカプセル化電気泳動媒体は、光学的性能に関して重大な有害な影響なく、高度な収縮に耐性があり得るので、可撓性アプリケーションに十分に適している。

## 【0013】

さらなる有利な実施形態と共に好適かつ例示的实施に従って、本発明は、添付の図面と共に以下の詳細な説明においてより詳細に記載される。

## 【0014】

図面において、同様の参照符号は、概して、異なる図の全体にわたって、同様の部分を参照する。さらに、図面は、スケーリングされる必要はなく、その代わりに、本発明の原理を例示するために全体的に強調される。

40

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0015】

（発明の詳細な説明）

概観において、本発明は、電気泳動ディスプレイ媒体、コントロール回路、および共通の可撓性基板上の電氣的伝導体のサポートをもたらす。これにより、より低コストの処理ステップおよび製品のより高い生産性での製造につながる。結果として生じる可撓性ディスプレイアセンブリは、例えば、収縮およびロール可能である大画面ディスプレイまたはディスプレイデバイスの製造といった、より多くの有利な使用法を有する。

## 【0016】

（I. 電気泳動ディスプレイアセンブリ）

50

概観である図1は、電気泳動ディスプレイアセンブリ100の実施形態の概略図を示す。ディスプレイアセンブリ100は、電気泳動ディスプレイ素子110、ディスプレイアセンブリ100の単一のピクセルに対応する各素子110、コントロール回路130、駆動信号の電氣的接続120を介してディスプレイ素子110と電氣的な導通があり、かつ、他の電氣的接続150を介して可撓性基板140のオンまたはオフの一方を示す他のコンポーネント（図示せず）と電氣的に導通するコントロール回路130を含む。ここで、ディスプレイ素子110、コントロール回路130、および駆動信号の電氣的接続120は、可撓性基板140によって支持される。用語「コントロール回路（control circuit）」および「コントロール回路部（control circuitry）」は、本明細書中、交互に使用され、単一または複数のコンポーネントを含み得る。

10

#### 【0017】

簡略化のために、9つのディスプレイ素子110が図1に示される。しかし、一般に、ディスプレイアセンブリ100は、多くのディスプレイ素子110を含む。さらに、多様な形状が、ディスプレイ素子110に対して用いられ、例えば、ディスプレイアセンブリ100によって表示される英数字データについてより満足な外観を提供し得る。

#### 【0018】

コントロール回路130は、一般に、例えば、ドライバチップ、インタフェースチップおよび他のコントロールチップといった1つ以上の集積回路（用語「IC」または「チップ」は、本明細書中、「集積回路」と交互に使用される）から成っている。一実施形態において、コントロール回路130は、1つ以上のドライバチップを含み、ドライバチップは、駆動電圧をディスプレイ素子110に供給する。本実施形態の代替において、可撓性基板140をオンまたはオフの一方にサポートされるインタフェースチップは、可撓性基板140上にマウントされる1つ以上のドライバチップと可撓性チップをオンまたはオフの一方にマウントされる他のICとの間の電氣的な導通を媒介し得る。

20

#### 【0019】

さらに詳細には、図2aを参照して、単一のドライバチップ131と電氣的に導通する4つのディスプレイ素子110を有するディスプレイアセンブリ140の実施形態が示される。駆動信号の電氣的接続120は、図2に示される各4つのディスプレイ素子110に対して1つである、4つの個々の電氣的接続123を含む。

#### 【0020】

個々の電氣的接続線123は、導電性材料の配線であり、導電性材料は多くの可能なプロセスを経て蒸着される。好適な実施形態において、導電性材料は、例えば、電氣的に導電性のインクを用いて、プリントする方法によって蒸着される。これは、比較的到低コスト処理を提供する。さらに、電氣的な接続線123は、単一のステップで形成され得、さらに、処理コストを減少し、生産性を高める。

30

#### 【0021】

ディスプレイ100は、多様な材料を使用し得る。可撓性基板140は、従来のパターンニング技術によって銅から形成される電氣的接続123を有するポリエステルシートを含み得る。あるいは、電氣的接続123は、銀インクまたはカーボンインクを用いてプリントされ得る。電氣的接続は、例えば、ポリマーなどの誘電体を用いてプリントすることによってコーティングされ得る。誘電体を通るバイアスは、ディスプレイ素子110に電氣的接触を提供し得る。各電氣的接続123は、第1の接触パッド121および第2の接触パッド122と導通がある。さらに、各第1の接触パッド121は、ディスプレイ素子110の1つと電氣的な導通がある一方、第2の接触パッド122の各々は、ドライバチップ131と電氣的に導通する。ドライバチップ131は、他の接触パッド151と電氣的な導通があり、コントロール回路130の他のIC（図示せず）と電氣的な導通を提供する。

40

#### 【0022】

図2bを参照すると、図2aの実施形態に原則的に対応する断面図が示される。本実施形態において、ディスプレイ素子110は、ピクセル電極111、電気泳動ディスプレイ媒

50

体 1 1 3、および第 2 の電極 1 1 2 から構成される。本実施形態において、各ディスプレイ素子 1 1 0 は、それ自体のピクセル電極 1 1 1 を有する一方、第 2 の電極 1 1 2 は、2 つ以上のディスプレイ素子 1 1 0 によって共有され得る。すなわち、共通の第 2 の電極 1 1 2 は、複数のディスプレイ素子 1 1 0 に延び得、好適には、全てのディスプレイ素子 1 1 0 に延びる。

#### 【0023】

第 1 の接触パッド 1 2 1 は、図 2 a に示されるように、ピクセル電極 1 1 1 の側面に沿ってピクセル電極 1 1 1 と接触し得る。あるいは、第 1 の接触パッド 1 2 1 は、好ましくは、ディスプレイ媒体 1 1 3 に対して反対の表面上を経て、ピクセル電極 1 1 1 の表面上の任意の場所におけるピクセル電極 1 1 1 と接触し得る。

10

#### 【0024】

図 2 b の実施形態において、ドライバチップ 1 3 1 は、リード線 1 3 2 およびボンディング材料 1 2 4 を経て、第 2 の接触パッド 1 2 2 および他の接触パッド 1 5 1 と電気的な導通を作る。ボンディング材料は、リード線 1 3 2 と接触パッド 1 2 4 との間の電気的な導通を物理的に固定するために適する任意の材料を含む（例えば、異方性導電膜（ACF）、導電性エポキシ（例えば、銀充填エポキシ）、電気伝導性熱硬化樹脂、銀塗料、電気伝導性インク、または電気伝導性塗料など）。

#### 【0025】

あるいは、ドライバチップリード線 1 3 2 は、圧縮ボンディングを経て接触パッド 1 2 2、1 5 1 に物理的かつ電気的に固定され得る。さらに代替的には、ドライバチップ 1 3 1 は、ソケットデバイス（図示せず）を経て可撓性基板 1 4 0 上にマウントされ得る。ここでソケットデバイスは、可撓性基板 1 4 0 によって支持され、接触パッド 1 2 2 および 1 5 1 と電気的に導通がある。例えば、ドライバチップ 1 3 1 または他のコントロール回路 1 3 0 チップは、コントロール回路キャリアにおいて取り外し可能にマウントされ得る。

20

#### 【0026】

図 3 a を参照すると、電気泳動ディスプレイアセンブリ 1 0 0 の代替の実施形態は、個々の電気的な接続 1 2 3 を有する。これは、ピクセル電極 1 1 1 から絶縁層（図 3 b にのみ示される）によって電気的に絶縁される。図 3 b を参照すると、図 3 a の実施形態の一般原理に対応する実施形態の断面図が示される。絶縁層 1 1 4 は、電気的な接続 1 2 3 とピクセル電極 1 1 1 との間に電気的絶縁を提供する。一般に、絶縁層 1 1 4 は、ピクセル電極 1 1 1 と可撓性基板 1 4 0 との間の電気的な接続 1 2 0 の一部とピクセル電極 1 1 1 との間に電気的な絶縁を提供する。

30

#### 【0027】

図 3 a および 3 b の実施形態において、導電性のバイア 1 2 5 は、接触パッド 1 2 1 とピクセル電極 1 1 1 との間に電気的な導通を提供する。バイア 1 2 5 は、絶縁層 1 1 4 を通る導電性経路を提供する。バイア 1 2 5 および絶縁層 1 1 4 は、多くのプロセス（例えば、誘電性および導電性材料のプリンティング）によって形成され得る。

#### 【0028】

ディスプレイアセンブリ 1 0 0 の代替の実施形態において、可撓性基板 1 4 0 上の材料 1 2 0、1 1 4、1 1 1、1 1 3、1 1 2 の蒸着順序は反転される。本実施形態の例において、例えば、4 ミル厚のポリエステルシートといった可撓性基板 1 4 0 が、プリンティングプロセスを経るか、または真空蒸着によって、電極 1 1 2 のための透明導電性コーティングが蒸着される。電極 1 1 2 は、導電性ポリマーを含み得る。マイクロカプセル化電気泳動ディスプレイ媒体 1 1 3 は、その結果、例えば、グラファイトまたは銀を含むパターンニングされる導電層のプリンティングに引き続いて、導電性コーティング上にプリントされる。パターンニングされる導電層は、ピクセル電極 1 1 1 を含む。ディスプレイ媒体 1 1 3 とパターンニングされる導電層との中間層には、プリントされる誘電体から構成される絶縁層 1 1 4 が、プリンティングによるバイア 1 2 5 の蒸着と同時に蒸着され得る。

40

#### 【0029】

さらなる代替の実施形態において、電極 1 1 2 およびマイクロカプセル化電気泳動ディス

50

プレイ媒体 113 は、可撓性基板 140 への第 2 の可撓性基板の積層に続いて第 2 の可撓性基板上に蒸着される（図示せず）。積層プロセスの後、電気泳動ディスプレイ媒体 113 は、ピクセル電極 113 に隣接する。

#### 【0030】

好適な実施形態において、ディスプレイ媒体 113 は、マイクロカプセル化電気泳動媒体を含む。マイクロカプセルは、例えば、ほぼ 20～500 マイクロメートルの範囲内の直径を有する。このような媒体の光学性能は、媒体におけるマイクロカプセルの一般的な半径の 10 倍以下の半径を有する曲率では実質的に影響されない。例えば、150 マイクロメートルの半径を有するマイクロカプセルに対して、媒体は、1.5 ミリメートル以下の半径を有する曲げに耐え得る。

#### 【0031】

ピクセル電極 111 は、アドレス指定し、電気泳動ディスプレイ媒体 113 に近接している。ディスプレイ媒体 113 は、電気的に応答性のある光学プロパティを有する。ピクセル電極 111 を用いるディスプレイ素子 110 の光学プロパティを選択的に変更することによって、イメージまたはテキストが表示され得る。本明細書中に用いられるように、用語「近接（proximity）」は、距離について言及する。その距離で、電圧がディスプレイ素子に印加されると、局在的な状態でその光学プロパティを変更し得る。上述の実施形態に示されるように、ピクセル電極 111 は、ディスプレイ媒体 113 に隣接し、ディスプレイ媒体 113 に接触し得る。

#### 【0032】

ピクセル電極 111 は、多様な異なるタイプのディスプレイ素子 110（例えば、液晶および重クロム（bichromal）球体といった非光放射ディスプレイメディアを有するタイプを含むがこれに限定されない）をアドレス指定するために用いられ得る。

#### 【0033】

ここで、図 4a～4c を参照すると、4 つのキャラクタディスプレイアセンブリ 400 の実施形態が概略的に記載される。図 4a は、ディスプレイアセンブリ 400 の底面図を示す。図 4b は、ディスプレイアセンブリ 400 の平面図を示す。

#### 【0034】

ディスプレイアセンブリ 400 は、例えば、文字または数字を表示することがそれぞれ可能である 4 つのキャラクタディスプレイユニット 401 を含む。各ディスプレイユニット 401 は、63 のディスプレイ素子 101a を含む。図 4c は、アセンブリ 400 におけるキャラクタの 1 つの 63 のディスプレイ素子 101a の平面図の奥行からの構成を示す。ディスプレイ素子 101a のこの構成は、英数字キャラクタを表示するために非常に適している。

#### 【0035】

駆動信号の電氣的接続 120a は、ドライバチップ 131a（各ディスプレイユニット 401 に対して 1 つ）をディスプレイ素子 101a に電氣的に接続する。従って、各駆動チップ 131a は、63 の個々の電氣的接続により、関連したキャラクタディスプレイユニット 401 に接続される。

#### 【0036】

ディスプレイアセンブリ 400 は、可撓性基板 140a および他の電氣的な接続 150a を含み、ドライバチップ 131a を他のコンポーネントに接続する。例えば、一連のディスプレイアセンブリ 400 は、組み合わせられ、一行に 4 つのキャラクタよりも多くで、または、キャラクタに対して 2 つ以上の行でのディスプレイを作成し得る。

#### 【0037】

（11. 電気泳動ディスプレイアセンブリを製造するための方法）

上述のように、ディスプレイアセンブリ 100 の種々の実施形態は、より低いコスト、より高い製造プロセスならびに可撓性ディスプレイデバイスを可能にする。本発明の利点は、製造方法の以下の説明において説明される。

#### 【0038】

図5は、ディスプレイアセンブリのための従来技術の製造プロセスの例のフローチャートを示す。最初に、電気接続部が可撓性基板上に形成される（ステップ510a）。独立して、接触パッドを含む電気接続部が回路基板上に形成されなければならない（ステップ510b）。次いで、ディスプレイ素子は、可撓性基板上に設けられる（ステップ520）が、再度独立して、制御回路リードが回路基板上の接触パッドにボンディングされる（ステップ530）。次いで、可撓性基板および回路基板は、互いに直接または間接的に物理的にマウントされなければならない（ステップ540）、電気接触が可撓性基板上の電気接続部と回路基板上の電気接続部との間でなされなければならない（ステップ550）。

#### 【0039】

従来技術のアプローチでは、接触パッドのさらなるロウは、典型的には、可撓性基板の1つのエッジに沿って形成される。次いで、この接触パッドのロウは、ディスプレイアセンブリの可撓性基板部分を回路基板と電氣的にボンディングするために使用される。

#### 【0040】

従来技術のプロセスにおいて使用される回路基板は、典型的には、重量があり、高価であり、硬い。従って、回路基板の使用は、本来あまり可撓性を有しないディスプレイアセンブリを導く。回路基板と基板リードとの接続は、さらなる製造ステップを追加することによるコストおよび生産量損失を導く。特に、ディスプレイの種々のコンポーネント部分上の電気接触間の電気接触を形成する必要性は、さらなるコスト、製造時間、および生産量損失を導く。

#### 【0041】

対照的に、図6を参照すると、本発明によって企図されたようなディスプレイアセンブリのための製造プロセス600の実施形態は、上記プロセスにわたっていくつかの利点を提供する。最初に、接触パッドを含む電気接続部は、可撓性基板上に形成される（ステップ610）。次いで、電気泳動ディスプレイ素子は、基板上に設けられる（ステップ620）。最後に、制御回路リードは、接触パッドにボンディングされる（ステップ630）。本実施形態では、リード接触パッドボンディングは、基板上の制御回路のための電気通信および物理サポートの両方を提供する。

#### 【0042】

本実施形態は、従来の製造方法における種々の欠点を除去する。ディスプレイ素子および制御回路として働く電気接続部が、単一の、コストおよび生産量改良ステップにおいて形成され得る。大きさ、重量、および全体の柔軟性は、硬い回路基板の除去によって改良される。コスト節減に加えて、本実施形態は、可撓性基板の使用によって与えられた柔軟性の利点の実現を可能にする。例えば、本態様で製造されたディスプレイアセンブリの使用は、格納目的のために巻かれ得る可撓性ディスプレイデバイスの製造を可能にする。

#### 【0043】

好適な実施形態では、カプセル化された電気泳動ディスプレイアセンブリは、高範囲の可撓性基板に関するプリントまたはコーティングステップの使用によって製造される。本明細書で使用される場合、用語「プリント」は、以下に限定されないが、予め計測されたコーティング（パッチダイコーティング等）、スロットまたは押出コーティング、スライドまたはカスケードコーティング、カーテンコーティング、ナイフオーバーロールコーティング（knife over roll coating）等のロールコーティング、フォワードアンドリバースロールコーティング（forward and reverse roll coating）、グラビアコーティング、ディップコーティング、スプレーコーティング、メニスカスコーティング、スピニングコーティング、ブラシコーティング、エアナイフコーティング、シルクスクリーンプリントプロセス、静電プリントプロセス、熱プリントプロセス、および他の同様な技術を含むプリントおよびコーティングの全ての形態を含む。従って、生じたディスプレイは可撓性であり得る。さらに、ディスプレイ媒体113は、プリントされ得るために（種々の方法を用いて）、ディスプレイ自体は、安価に作製され得る。

#### 【0044】



好適な実施形態では、部分的に、可撓性バインダー材料を含むマイクロカプセル化電気泳動ディスプレイ媒体 113 が使用される。このようなディスプレイ媒体 113 は、著しい撓みの影響を受けやすい。ディスプレイ媒体 113 の撓みは、媒体の光学的外観に影響を与えない。すなわち、電気泳動粒子は、バインダーまたはディスプレイの全体の配向または湾曲にかかわらず、マイクロカプセル内部の同じ位置に留まる。

#### 【0045】

さらに、プリント方法は、ディスプレイの電気接続部および他の導電性部分を形成するために使用され得る。背面導電体（「背面」は、ユーザから見て反対のディスプレイの面を指す）は、透明または不透明のいずれかであり得る。これは、グラファイトインク、シルバーインク、または導電性ポリマーを含む、種々のプリントされた背面導電体の使用を可能にする。

10

#### 【0046】

前面導電体（「前面」は、ユーザから見たディスプレイの面を指す）は、透明でなければならないが、良好な導電率を有する必要はない。プリントの影響を受けるが、比較的小さい導電率を有する材料であっても、帯電防止（*anti-static*）用途で一般的に使用されるような導電性コロイド懸濁液および導電性ポリマーが使用され得る。

#### 【0047】

液晶媒体とは異なり、マイクロカプセル化電気泳動媒体は、ポリアニリン、ポリピロール、ポリチオフェン、およびポリフェニレンビニレンの誘導体を含む多数の内部導電性ポリマー系の影響を受けやすい。

20

#### 【0048】

簡単には、本発明は、ディスプレイアセンブリにおける導電性材料の形成のためのプリント方法の使用によって可能にされたコスト節減および機械的柔軟性のより有利な使用を可能にする。

#### 【0049】

以下は、電気泳動ディスプレイ媒体 113 に対する用途と共に、材料の詳細な種々の実施形態を説明する。

#### 【0050】

（*III*. 電気泳動ディスプレイにおける使用のための材料）

上記カプセル化電気泳動ディスプレイを構成するために有用な材料は、以下に詳細に説明される。これらの材料の多くは、従来の電気泳動ディスプレイ（すなわち、当該分野では、マイクロカプセル化）を構成する当該分野において公知である。カプセル化された電気泳動ディスプレイにおいて見出された他の必要なコンポーネントと共に、これらの材料およびプロセスの組み合わせは、本明細書中で説明された本発明を構成する。

30

#### 【0051】

（*A*. 粒子）

上述のように、電気泳動ディスプレイにおいて使用するための粒子の選択において多くの自由度が存在する。本発明の目的に対して、粒子は、帯電されるかまたは電荷を獲得することが可能である（すなわち、電気泳動移動度を有するかまたはこれを獲得することが可能である）任意の成分であり、いくつかの場合、この移動度は、ゼロまたはゼロに近い（すなわち、粒子は動かない）粒子は、ニート顔料、染料（レーキ）顔料または顔料／ポリマー複合体、あるいは、帯電されているまたは電荷を獲得することが可能な任意の他の成分であってもよい。電気泳動粒子に対する典型的な考慮は、その光学特性、電気特性、および表面化学である。粒子は無機または有機化合物であってもよく、粒子は光を吸収するかまたは光を散乱し得る。本発明における使用のための粒子は、さらに、散乱顔料、吸収顔料、および発光顔料をさらに含んでもよい。コーナークューブ等の粒子は、逆反射してもよいし、硫化亜鉛粒子等の粒子は、エレクトロルミネッセントであってもよい。この粒子は、*AC* 電界によって励起されるか、またはフォトルミネッセントであり得る場合、光を出射する。最終的に、粒子は、処理された表面であり得、それにより帯電または帯電剤との相互作用を改良するか、または分散可能性を改良するように、処理された表面であり

40

50

得る。

【0052】

本発明の電気泳動ディスプレイにおける使用のための好適な粒子は、チタニアである。チタニア粒子は、例えば、酸化アルミニウムまたは酸化シリコン等の金属酸化物でコーティングされ得る。チタニア粒子は、1、2、またはそれより多くの層の金属酸化物コーティングを有し得る。例えば、本発明の電気泳動ディスプレイにおける使用のためのチタニア粒子は、酸化アルミニウムのコーティングおよび酸化シリコンコーティングを有し得る。コーティングは、任意の順序で粒子に与えられ得る。

【0053】

電気泳動粒子は、通常、顔料、ポリマー、レーキ顔料、またはいくつかの上記組み合わせである。ニート顔料は任意の顔料であり得、そして、通常、明るい色の粒子に対して、例えば、ルチル（チタニア）、アナターゼ（チタニア）、硫酸バリウム、カオリン、または酸化亜鉛等の顔料が有用である。いくつかの典型的な粒子は、高屈折率、高散乱係数、および低吸収係数を有する。他の粒子は、塗料およびインクにおいて使用されたカーボンブラックまたは着色顔料等の吸収力がある。顔料はまた、懸濁流体において不溶性であるべきである。ジアリライドイエロー、ハンザイエロー、およびベンジジンイエロー等の黄色顔料はまた、同様のディスプレイに使用していることが見出される。任意の他の反射材料は、金属粒子等の非顔料を含む明るい色の粒子に対して利用され得る。

【0054】

利用可能なニート顔料は、以下に限定されないが、 $PbCrO_4$ 、Cyan blue GT 55-3295 (American Cyanamide Company, Wayne, NJ)、Cibacron Black BG (Ciba Company, Inc., Newport, DE)、Cibacron Turquoise Blue G (Ciba)、Cibalon Black BGL (Ciba)、Orasol Black BRG (Ciba) Orasol Black RBL (Ciba)、Acetamine Black, CBS (E. I. du Pont de Nemours and Company, Inc., Wilmington, DE)、Crocein Scarlet N Ex (du Pont) (27290)、Fiber Black VF (DuPont) (30235)、Luxol Fast Black L (DuPont) (Solv. Black 17)、Nirosine Base No. 424 (DuPont) (50415B)、Oil Black BG (DuPont) (Solv. Black 16)、Rotalin Black RM (DuPont)、Sevron Brilliant Red 3B (DuPont)、Basic Black DSC (Dye Specialties, Inc)、Hectolene Black (Dye Specialties, Inc)、Azosol Brilliant Blue B (GAF, Dyestuff and Chemical Division, Wayne, NJ) (Solv. Blue 9)、Azosol Brilliant Green BA (GAF) (Solv. Green 2)、Azosol Fast Brilliant Red B (GAC)、Azosol Fast Orange RA Conc. (GAF) (Solv. Orange 20)、Azosol Fast Yellow GRA Conc. (GAF) (13900A)、Basic Black KMPA (GAF)、Benzofix Black CW-CF (GAF) (35435)、Cellitazol BNFV Ex Soluble CF (GAF) (Disp. Black 9)、Celliton Fast Blue AF Ex Conc (GAF) (Disp. Blue 9)、Cyper Black IA (GAF) (Basic Blk. 3)、Diamine Black CAP Ex Conc (GAF) (30325)、Diamond Black EAN Hi Conc. CF (GAF) (15710)、Diamond Black PBBA Ex (GAF) (16505)、Direct Deep Black EA Ex CF (GAF) (30325)、Hansa Yellow G (GAF) (11680)、Inda

10

20

30

40

50

anthrene Black BBK Powd. (GAF) (59850)、Indo carbon CLGS Conc. CF (GAF) (53295)、Katigen Deep Black NND Hi Conc. CF (GAF) (15711)、Rapidogen Black 3G (GAF) (Azoic Blk. 4)、Sulphone Cyanine Black BA-CF (GAF) (26370)、Zambezi Black VD Ex Conc. (GAF) (30015)、Rubanox Red CP-1495 (The Sherwin-Williams Company, Cleveland, OH) (15630)、Raven 11 (Columbian Carbon Company, Atlanta, GA) (カーボンブラックが約  $25\mu\text{m}$  の粒子サイズで凝集する)、Statex B-12 (Columbian Carbon Co.) (平均粒子サイズ約  $35\mu\text{m}$  のファーンエスブラック) およびクロムグリーンを含む。

10

#### 【0055】

粒子はまた、レーキ、または染料顔料を含み得る。レーキ顔料は、粒子上に沈殿された染料またはその粒子が着色された染料を有する粒子である。レーキは、アニオン性染料に容易に可溶な金属塩である。これらは、アゾ染料、1つ以上の硫酸またはカルボン酸群を含むトリフェニルメタンまたはアントラキノン構造が存在する。これらは、通常、カルシウム、バリウム、またはアルミニウム塩によって基板上に沈降される。典型的な例は、ピーコック (peacock) ブルーレーキ (CI 顔料ブルー24) およびペルシアンオレンジ (CI アシッドオレンジ7のレーキ)、ブラックMトナー (GAF) (レーキ上に沈降したカーボンブラックおよびブラック染料の混合物) である。

20

#### 【0056】

ダークな粒子の染料のタイプは、カーボンブラックまたは無機ブラック材料等の任意の光吸収材料から構成され得る。ダーク材料はまた、選択的に吸収され得る。例えば、ダークグリーン顔料が使用され得る。ブラック粒子はまた、金属酸化物を有するラテックスを染色することによって形成され得る。ブラック粒子はまた、ブタジエン、スチレン、イソブレン、メタクリル酸、メタクリル酸メチル、アクリロニトリル、塩化ビニル、アクリル酸、スチレンスルホン酸ナトリウム、酢酸ビニル、塩化スチレン、ジメチルアミノプロピルメタクリルアミド、イソシアノエチルメタクリレート、およびN- (イソブトキシメタクリルアミド)、ならびに、ジアクリレート、トリアクリレート、ジメチルアクリレートからなるラテックスコポリマー等の金属酸化物を有するラテックスを着色することによって形成され得、およびトリメチルアクリレート等の共役ジエン化合物を随意に含む。ブラック粒子は、分散ポリマリゼーション技術によって形成され得る。

30

#### 【0057】

顔料およびポリマーを含むシステムでは、顔料およびポリマーは、電気泳動粒子内部の複数のドメインを形成するか、またはより小さい顔料/ポリマーにボンディングされた粒子の凝集体であり得る。あるいは、中心顔料コアは、ポリマーシェルによって囲まれ得る。顔料、ポリマー、またはその両方は、染料を含み得る。粒子の光学的な目的は、光を散乱するか、光を吸収するか、またはその両方であり得る。有用な大きさは、粒子がボンディングカプセルよりも小さい限り、 $1\text{nm}$  ~ 約  $100\mu\text{m}$  の範囲にあり得る。好適な実施形態では、電気泳動粒子の密度は、懸濁 (すなわち、電気泳動) 流体の密度に実質的に整合され得る。本明細書で定義されたように、懸濁流体は、各密度における差が、約  $0$  ~ 約  $2\text{g/ml}$  の間にある場合、粒子の密度に実質的に整合する密度を有する。この差は、好ましくは、約  $0$  ~ 約  $0.5\text{g/ml}$  の間に存在する。

40

#### 【0058】

粒子のための有用なポリマーは、以下に限定されないが、ポリスチレン、ポリエチレン、ポリプロピレン、フェノール樹脂、Du Pont Elvax resin (エチレン-酢酸ビニルコポリマー)、ポリエステル、ポリアクリレート、ポリメタクリレート、アクリル酸エチレンまたはメタクリル酸コポリマー (Nucrel Resines-Du Pont, Primacor Resins-Dow Chemical)、アクリルコ

50

ポリマーおよびターポリマー (Elvacite Resins, DuPont) および PMMA を含む。高せん断溶解物 (high shear melt) におけるホモポリマー／顔料相分離のために有用な材料は、以下に限定されないが、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリメチルメタクリレート、ポリイソブチルメタクリレート、ポリスチレン、ポリブタジエン、ポリイソブレン、ポリイソブチレン、ポリラウリルメタクリレート、ポリステアリルメタクリレート、ポリイソボルニルメタクリレート、ポリ-tert-ブチルメタクリレート、ポリエチルメタクリレート、ポリメチルアクリレート、ポリエチルアクリレート、ポリアクリロニトリル、およびこれらの材料の2つ以上のコポリマーを含む。市販で入手可能ないくつかの有用な顔料／ポリマー錯体は、以下に限定されないが、Process Magenta PM 1776 (Magruder Color Company, Inc., Elizabeth, NJ)、Methyl Violet PMA VM6223 (Magruder Color Company, Inc., Elizabeth, NJ)、およびNaphthol FGR RF6257 (Magruder Color Company, Inc., Elizabeth, NJ) を含む。

10

#### 【0059】

顔料-ポリマー複合体は、物理プロセス（例えば、磨耗またはボールミリング）、化学プロセス（例えば、マイクロカプセル化または分散重合）、または粒子生成の分野で公知の任意の他のプロセスによって形成され得る。以下の非限定例から、粒子およびその帯電の製造の両方のためのプロセスおよび材料は、一般的に、液体トナー、液体浸漬開発から得られる。従って、液体開発からの公知の任意のプロセスが、特に（排他的ではないが）関連している。

20

#### 【0060】

新規かつ有用な電気泳動粒子がなおも発見されているが、電気泳動ディスプレイおよび液体トナーの当業者に既に公知の複数の粒子モジュールまた有用であり得ることがわかっている。一般的に、液体トナーおよびカプセル化電気泳動インクに対するポリマーの要求は、顔料または染料は、物理的、化学的、または物理化学プロセスのいずれかによってそこに容易に組み込まれなければならない、コロイド安定性において支援し得、帯電部位を含み得るか、または帯電部位を含む材料を組み込むことができるという点で同じである。カプセル化された電気泳動インクによって共有されない液体トナー産業からの1つの一般的な要求は、トナーが画像を固定することができなければならないことである（すなわち、トナー粒子の堆積後に、均一な膜を作成するために互いに熱溶解する）。

30

#### 【0061】

粒子に対する典型的な製造技術は、液体トナーおよびボールミリング、磨耗、ジェットミリング等を含む他の技術から引き出される。このプロセスは、顔料にされたポリマー粒子の場合に対して説明される。このような場合、顔料はポリマーに、スクリー押し出し成形器等のいくつかの種類の高せん断機構で混合される。次いで、複合材料は、約10 $\mu$ mの開始サイズに（湿式または乾式）される。次いで、随意にいくつかの電荷制御剤と共に、例えばISOPAR (R) (Exxon, Houston, TX) に対してキャリアリキッドにおいて分散され、高せん断断数時間、最終的な粒子サイズおよび／またはサイズ分布に粉碎される。

40

#### 【0062】

液体トナーの分野から引き出される粒子に対する別の製造技術は、ポリマー、顔料、および懸濁液を濾剤ミル (media mill) に追加することである。粉碎が開始され、同時にポリマーが溶媒によって実質的に膨潤する温度に加熱される。典型的にはこの温度は100℃付近である。この場合、顔料は容易に膨潤されたポリマーにカプセル化される。適切な時間の後（典型的には数時間）、粉碎は、攪拌共に、徐々に周囲温度に最冷却される。粉碎は、十分小さい粒子サイズ（典型的には直径数マイクロメートル）を達成するいくつかの時間の間に継続され得る。帯電剤は、この時間に追加され得る。随意に、多くの懸濁流体が追加され得る。

#### 【0063】

50

分散重合、小またはマイクロ乳化重合、懸濁重合沈降、相分離、溶媒蒸発、インサイチュ重合、種乳化重合、またはマイクロカプセル化の一般的なカテゴリー化にある任意のプロセス等の化学プロセスが使用され得る。このタイプの典型的なプロセスは、相分離プロセスであり、溶解されたポリマー材料は、溶媒希釈（蒸発）または熱変化によって分散された顔料表面上に溶液から沈降される。他のプロセスは、ポリマーラテックスを、例えば金属酸化物または染料を用いて染色するための化学的手段を含む。

#### 【0064】

##### （B．懸濁流体）

粒子を含む懸濁流体は、密度、屈折率、および可溶性等の特性に基づいて選択され得る。好適な懸濁流体は、低誘電率（約2）、高体積抵抗率（約 $10^{15}$  オーム・cm）、低粘度（5 c s t未満）、低毒性および環境影響、低い水可溶性（10 p p m未満）、高比重（1.5を超える）、高沸点（90℃を超える）、および低屈折率（1.2未満）を有する。

#### 【0065】

懸濁流体の選択は、化学不活性、電気泳動粒子との密度整合、電気泳動粒子およびボンディングカプセルとの化学適合性の関係に基づき得る。粒子を移動させることを望む場合、流体の粘度は低くするべきである。懸濁流体の屈折率は、粒子の屈折率に実質的に整合され得る。本明細書で使用する場合、各屈折率間の差が、約0～約0.3の範囲にある（好適には約0.05～約0.2である）場合、懸濁流体の屈折率は、粒子の屈折率に実質的に整合される。

#### 【0066】

さらに、流体は、いくつかのポリマーに対して弱い（p o o r）溶媒であるように選択され得、マイクロ粒子の製造における使用に対して有利である。なぜなら、ポリマーおよび顔料の粒子を製造する際に有用なポリマー材料の範囲を増加させるためである。ハロゲン化有機溶媒、飽和直鎖または分枝炭化水素、シリコンオイル、低分子量ハロゲン含有ポリマー等の有機溶媒は、いくつかの有用な懸濁流体である。懸濁流体は、単一の流体を含み得る。しかし、流体は、しばしば、その化学的および物理的特性を調整するために1つ以上の流体の混合である。さらに、流体は、表面エネルギーまたは電気泳動粒子の電荷を改変するための表面改質材、あるいはボンディングカプセルを含み得る。マイクロカプセル化プロセスのための反応体または溶媒（例えば、油性モノマー）はまた、懸濁流体に含まれ得る。電荷制御剤はまた、懸濁流体に追加され得る。

#### 【0067】

使用可能な有機溶媒は、以下に限定されないが、例えば、デカンエポキシドおよびドデカンエポキシドと、例えばシクロヘキシルビニルエーテル、およびDecave (R) (International Flavors & Fragrances, Inc., New York, NY)等のビニルエーテルと、例えば、トルエンおよびナフタレン等の芳香族炭化水素とを含む。有用なハロゲン化有機溶媒は、以下に限定されないが、テトラフルオロジブプロモエチレン、テトラクロロエチレン、トリフルオロクロロエチレン、1, 2, 4-トリクロロベンゼン、四塩化炭素を含む。これらの材料は、高密度を有する。有用な炭化水素は、以下に限定されないが、Isopar (R) シリーズ (Exxon, Houston, TX)、Norpar (R) (ノルマルパラフィン液体系)、Shell-Sol (R) (Shell, Houston, TX)、およびSol-Trol (R) (Shell)、のドデカン、テトラデカン、脂肪族炭化水素、ナフサ、および他の石油溶媒を含む。これらの材料は、通常低密度を有する。シリコンオイルの有用な例は、以下に限定されないが、オクタメチルシクロシロキサンおよび高分子量環状シロキサン、ポリ(メチルフェニルシロキサン)、ヘキサメチルジシロキサン、およびポリジメチルシロキサンを含む。これらの材料は、通常低密度を有する。有用な低分子量ハロゲン含有ポリマーは、以下に限定されないが、ポリ(クロロトリフルオロエチレン)ポリマー (Halogenated hydrocarbon Inc., River Edge, NJ)、Galden (R) (Ausimont, Morristown, NJ)からのフッ素置換さ

10

20

30

40

50

れた (perfluorinate) エーテル)、または DuPont (Wilmington, DE) からの Krytox (R) を含む。好適な実施形態では、懸濁流体は、ポリ(クロロトリフルオロエチレン)ポリマーである。特に好適な実施形態では、このポリマーは、約2〜約10の重合度を有する。上記材料の多くは、粘度、密度、および沸点の範囲で利用可能である。

#### 【0068】

流体は、カプセルが形成される前に小滴に形成される。小滴を形成するためのプロセスは、フロースルージェット、膜、ノズル、またはオリフィス、ならびにせん断ベースの乳化方式を含む。小滴の形成は、電場または音波場によって支援される。界面活性物質およびポリマーは、乳化型のカプセル化の場合における小滴の安定化および乳化の支援のために使用され得る。本発明のディスプレイにおける使用のための好適な界面活性物質は、ドデシル硫酸ナトリウムである。

10

#### 【0069】

光吸収色素を含む懸濁流体を含むことは、いくつかのディスプレイにおいて有利であり得る。この色素は、流体に可溶でなければならないが、一般的にカプセルの他の成分に不溶である。染料材料の選択において多くの柔軟性が存在する。特定の色(黒を含む)を達成するために、色素は純粋な化合物または色素の混合物であり得る。色素は、蛍光性であり得、蛍光性性質が粒子の位置に依存するディスプレイを生成する。色素は高活性であり得、別の色に変化し、可視または紫外光のいずれかの照射に応じて無色になり、光応答を獲得する別の手段を提供する。色素はまた重合可能であり、ボンディングシェル(bonding shell)内側のポリマーを吸収する固体を形成する。

20

#### 【0070】

カプセル化された電気泳動ディスプレイにおける使用のために選択され得る多くの色素が存在する。ここで、重要な特性は、光固定(light fastness)、懸濁液への可溶性、色、およびコストを含む。一般的に、アゾ、アントラキノン、およびトリフェニルメタンタイプの色素のクラスが存在し、油相において可溶性を増加させるように化学的に改変され得、粒子表面によって吸収を低減させる。

#### 【0071】

電気泳動ディスプレイの分野で既に公知の複数の色素が有用であることがわかっている。有用なアゾ染料は、以下に限定されないが、オイルレッド色素、スーダンレッド色素および染料のスーダンブラック系を含む。有用なアントラキノン染料は、以下に限定されないが、染料のオイルブルー色素、マクロレックス(Macrolex)ブルーシリーズを含む。有用なトリフェニルメタン色素は、以下に限定されないが、Michler's hydroxyl、Malachite Green、クリスタルバイオレット、およびオーラミンOを含む。

30

#### 【0072】

(C. 電荷制御剤および粒子安定剤)

電荷制御剤は、良好な電気泳動移動度を電気泳動粒子に提供するために使用される。安定剤は、電気泳動粒子の凝集を妨げ、電気泳動粒子がカプセル壁上に不可逆的に堆積することを妨げるように使用される。いずれかの成分が広範囲な分子量(低分子量、オリゴマー、ポリマー)にわたって材料から構成され得、純粋または混合物であり得る。特に適切な電荷制御剤は、一般的には、液体トナー技術から適応される。粒子表面の電荷を改変および/または安定化するために使用される電荷制御剤は、液体トナー、電気泳動ディスプレイ、非水性塗料分散、およびエンジンオイル添加物の分野では一般的に公知である。これらの分野の全てにおいて、電荷種は、電気泳動移動度を増加させるために、または静電気安定性を増加させるために非水性媒体に追加され得る。材料は、同様に立体構造の安定性を改善し得る。選択的なイオン吸収、プロトン移動、および接触帯電を含む帯電の異なる理論が仮定される。

40

#### 【0073】

選択的な電荷制御剤または電荷検出器が使用され得る。これらの構成は、典型的には、低

50

分子量界面活性物質、ポリマー剤、または1つ以上の成分の混合物からなり、安定化するかまたはそうでなければ、電気泳動粒子の電荷の符号および/または大きさを改変するために機能する。顔料自体の電荷特性は、顔料の酸または塩基の表面特性を考慮することによって説明され得るか、または部位を変更することは、キャリア樹脂表面（存在すれば）上で発生し得るか、またはこの2つの組み合わせであり得る。関連し得るさらなる顔料特性は、粒子サイズ分布、化学組成、および光固定である。表面電荷を改変および/または安定化するために使用された電荷制御剤は、液体トナー、電気泳動ディスプレイ、非水塗料分散、およびエンジンオイル添加物の分野において一般的に公知である。これらの技術において、種を蓄電することは、電気泳動移動度を増加させるか、または静電気安定性を増加させるために、非水性媒体に添加され得る。材料は、同様に立体安定性を改良し得る。選択的イオン吸収、プロトン移動、および接触帯電を含む電荷の異なる理論が仮定される。

10

#### 【0074】

電荷補助剤もまた添加され得る。これらの材料は、電荷制御剤または電荷ディレクタ (director) の有効性を増加させる。電荷補助剤は、ポリヒドロキシ化合物またはアミノアルコール化合物であってもよく、これらの化合物は、好ましくは、少なくとも2重量%の量の懸濁流体に可溶性である。少なくとも2つのヒドロキシル基を含むポリヒドロキシ化合物の例は、以下に限定されないが、エチレングリコール、2, 4, 7, 9-テトラメチルーデシン-4, 7-ジオール、ポリ(プロピレングリコール)、ペンタエチレングリコール、トリプロピレングリコール、トリエチレングリコール、グリセロール、ペンタエリスリトール、グリセロールトリス(12-ヒドロキシステアリン酸塩)、プロピレングリコール、モノヒドロキシステアリン酸、およびエチレングリコールモノヒドロキシステアリン酸を含む。同じ分子内のアルコール機能およびアミノ機能の内の少なくとも1つを含むアミノアルコール化合物の例は、以下に限定されないが、トリイソプロパノールアミン、トリエタノールアミン、エタノールアミン、3-アミノ-1-プロパノール、o-アミノプロパノール、5-アミノ-1-ペンタノール、およびテトラキス(2-ヒドロキシエチル)エチレンジアミンを含む。帯電補助剤は、好適には、約1~100mg/gの粒子塊 (particle mass) (より好適には、約50~約200mg/g)の量の懸濁流体中に存在する。

20

#### 【0075】

粒子の表面はまた、例えば、表面電荷を改良し、分散の安定性を改良するために分散を支援するように化学的に改変され得る。表面修飾子は、有機シロキサン、有機ハロゲンシラン、および他の機能的なシランボンディング剤 (Dow Corning (R) Z-6070, Z-6124, および3つの添加剤, Midland, MI)、有機チタネート、およびジルコネート (Tyzor (R) TOT, TBT, およびTEシリーズ, DuPont, Wilmington, DE)、長鎖 (C12~C50) アルキルおよびアルキルベンゼンスルホン酸等の疎水剤、脂肪族アミンまたはジアミンならびにその塩または四級誘導体、粒子表面に共有ボンディングされ得る両親媒性ポリマーを含む。

30

#### 【0076】

一般的には、連続相および粒子表面において存在するいくつかの湿度間の酸塩基反応としての帯電が生じると考えられている。従って、有用な材料は、このような反応または当該分野で公知の任意の他の帯電反応で予測することが可能である材料である。

40

#### 【0077】

電荷制御剤の有用な異なる非限定クラスは、有機硫酸塩またはスルホン酸塩、金属ソーブ、ブロックまたは櫛形コポリマー、有機アミド、有機双性イオン、ならびに有機リン酸塩およびホスホン酸塩を含む。有用な硫酸塩およびスルホン酸塩は、以下に限定されないが、ナトリウムビス(2-エチルヘキシル)スルホサクシネート、カルシウムドデシルベンゼンスルホン酸、カルシウムペトロリアムスルホン酸塩、中性または塩基性バリウムジノニルナフタレン (dinonylnaphthalene) スルホン酸塩、中性または塩基性カルシウムジノニルナフタレン、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム塩、および

50

ラウリルスルホン酸アンモニウムを含む。有用な金属ソープは、以下に限定されないが、塩基性または中性バリウムペトロネート (petronate)、ナフテン酸のCa-、Al-、Cu-、Mn-、Ni-、Zn-、およびFe塩、ステアリン酸のBa-、Al-、Zn-、Cu-、Pb-、およびFe塩、トリステアリン酸アルミニウム、オクタリン酸アルミニウム、ヘプタン酸リチウム、ステアリン酸鉄、ジステアリン酸鉄、ステアリン酸バリウム、ステアリン酸クロム、オクタン酸マグネシウム、ステアリン酸カルシウム、ナフテン酸鉄、ナフテン酸亜鉛、Mn-およびZn-ヘプタン酸塩、ならびに、Ba-、Al-、Ca-、Mn-、およびZn-オクタン酸等の2価および3価金属カルボキシレートを含む。有用なブロックまたは櫛形コポリマーは、以下に限定されないが、(A) メチルp-トルエンスルホン酸塩で四級化された2-(N,N)-ジメチルアミノエチルメタクリレートのポリマー、および(B) ポリ(2-エチルヘキシルメタクリレート)のABジブロックコポリマー、ならびにポリ(12-ヒドロキシステアリン酸)の可溶性末端を有する櫛形グラフトコポリマー(分子量約1800を有する)、ポリ(メチルメタクリレートメタクリル酸)の油溶性アンカーグループ上のペンダントを含む。有用な有機アミドは、以下に限定されないが、OLOA1200または3700等のポリイソブチレンスクシンイミド、ならびにN-ビニルピロリドンポリマーを含む。有用な有機双性イオンは、以下に限定されないが、レクチンを含む。有用な有機リン酸塩およびホスホン酸塩は、以下に限定されないが、飽和および不飽和置換基を有するリン酸化されたモノおよびジグリセリドのナトリウム塩を含む。

#### 【0078】

粒子分散安定剤は、粒子凝集またはカプセル壁への付着を妨げるために添加され得る。電気泳動ディスプレイにおける懸濁液体として使用される典型的な高抵抗率液体ニ対して非水性界面活性剤が使用され得る。これらは、以下に限定されないが、グリコールエーテル、アセチレングリコール、アルカノールアミド、ソルビトール誘導体、アルキルアミン、四級アミン、イミダゾリン、ジアルキル酸化物、およびスルホサクシネートを含む。

#### 【0079】

##### (D. カプセル化)

カプセルを作成する際に有用であることがわかる多くのプロセスおよびポリマーを用いるカプセル化の長くかつ豊富な歴史が存在する。内部相のカプセル化は、多くの異なる態様で達成され得る。マイクロカプセル化のための多くの適切な手順は、Microencapsulation, Processes and Applications, (I. E. Vandegaer編), Plenum Press, New York, NY (1974)、およびGutcho, Microcapsules and Microencapsulation Techniques, Nuyes Data Corp., Park Ridge, N. J. (1976)の両方において詳述される。プロセスは、いくつかの一般的なカテゴリに含まれる。これらの内の全ては、本発明に適用され得る。界面重合、インサイチュ重合、同時押出成形および他の相分離プロセス等の物理プロセス、液体内硬化、および単純/複雑なコアセルベーションに適用される。

#### 【0080】

多くの材料およびプロセスは、本発明のディスプレイを製造する際に有用であると証明されるべきである。簡単なコアセルベーションプロセスに対して有用な材料は、以下に限定されないが、ゼラチン、ポリビニルアルコール、ポリビニルアセテート、および例えばカルボキシメチルセルロース等のセルロース誘導体を含む。複雑なコアセルベーションプロセスのための有用な材料は、以下に限定されないが、ゼラチン、アカシア、カラギーナン、カルボキシメチルセルロース、加水分解スチレン無水物コポリマー、寒天、アルギン酸塩、カゼイン、アルブミン、メチルビニルエーテルc-マレイン酸無水物およびセルロースフタレートを含む。相分離プロセスのために有用な材料は、以下に限定されないが、ポリスチレン、PMMA、ポリ(メタクリル酸エチル)、ポリ(メタクリル酸ブチル)、エチルセルロース、ポリ(ビニルピリジン)、およびポリアクリロニトリルを含む。インサイチュ重合プロセスのために有用な材料は、以下に限定されないが、アルデヒド、メラ



ミン、または尿素およびホルムアルデヒドを有するポリヒドロキシアミド、メラミン、または尿素およびホルムアルデヒドの濃縮物の水溶性オリゴマー、例えば、スチレン、MMA、およびアクリロニトリル等のビニルモノマーを含む。最終的に、界面重合プロセスのために有用な材料は、以下に限定されないが、例えば、セバコイル (sebacoyl)、アジボイル、およびジ-またはポリ-アミンまたはアルコール、ならびにイソシアネート等のジアルシクロライドを含む。有用な乳化重合材料は、以下に限定されないが、スチレン、酢酸ビニル、アクリル酸、酢酸ブチル、アクリル酸 t-ブチル、メタクリル酸メチル、およびメタクリル酸ブチルを含み得る。

#### 【0081】

生成されたカプセルは、硬化可能なキャリアに分散され得、従来のプリントおよびコーティング技術を用いて任意に形成されるかまたは曲がった表面上にプリントまたはコーティングされ得るインクを生じる。

#### 【0082】

本発明の観点から、当業者は、所望のカプセル性質に基づいてカプセル化手順および壁材料を選択する。これらの特性は、カプセル半径の分布、カプセル壁の電気、機械的、拡散、および光学特性、ならびに、カプセルの内部相との化学適応性を含む。

#### 【0083】

カプセル壁は、一般的に高電気抵抗率を有する。比較的低抵抗率を有する壁を使用することが可能であるが、これは、比較的高いアドレス電圧を必要とする際の性能を制限し得る。カプセル壁はまた、機械的に強いべきである（最終的なカプセルパウダーは、硬化可能なポリマーバインダに分散される場合であっても、機械的強度は臨界と同じではない）。カプセルは、一般的に多孔質であるべきである。しかし、多硬質カプセルを生成するカプセル化手順を使用することが望ましい場合、これらは、後処理ステップ（すなわち、第2のカプセル化）で保護コーティングされ得る。さらに、カプセルが硬化可能なバインダーで分散される場合、バインダーは、孔を閉じるように働く。カプセル壁は、光学的に透明であるべきである。しかし、壁材料は、カプセルの内部層（懸濁流体）の屈折率およびカプセルが分散されるバインダーに整合するように選択される。いくつかのアプリケーション（例えば、2つの固定電極間の介在物）に対して、単分散されたカプセル半径が望ましい。

#### 【0084】

カプセル化手順は、水中油滴型エマルジョンの水相において、負に帯電し、カルボキシ置換された線状炭化水素高分子電解質材料の存在下で、尿素とホルムアルデヒドとの間の重合を含む。得られるカプセル壁は、尿素/ホルムアルデヒドコポリマーであり、これは、内相を分離して取り囲む。カプセルは、透明であり、機械的に強く、そして良好な抵抗特性を有する。

#### 【0085】

in situ 重合の関連技術は、油水滴エマルジョンを利用する。油水滴エマルジョンは、水性環境に、電気泳動組成物（すなわち、顔料粒子の懸濁液を含む誘電液体）を分散することによって形成される。モノマーを重合して、水相よりも、内相に対する高い親和性を有するポリマーを形成し、これにより乳化した油滴の周りに凝集する。1つの特に有用な in situ 重合プロセスにおいて、尿素およびホルムアルデヒドが、ポリ（アクリル酸）の存在下で、凝集する（例えば、米国特許第4,001,140号を参照のこと）。他の有用なプロセスにおいて、水溶液に含まれる任意の種々の架橋剤が、微視的な油滴の周りに堆積する。そのような架橋剤は、アルデヒド、特にホルムアルデヒド、グリオキサル、またはグルタルアルデヒド、ミョウバン、ジルコニウム塩、ならびに、ポリイソシアネートを含む。特許4,001,140号および特許4,273,672号の全開示が、本明細書中で参考として援用される。

#### 【0086】

コアセルベーションアプローチもまた、水中油型エマルジョンを使用する。1つ以上のコロイドが、温度、pH、および/または相対濃度の制御を通して、水相からコアセルベ

10

20

30

40

50

トシ（すなわち、凝集し）、そして油滴の周りにシェルとして堆積して、それによって、マイクロカプセルを生成する。コアセルベーションに適切な材には、ゼラチンおよびアラビアゴムが含まれる。

#### 【0087】

界面重合アプローチは、電気泳動組成物における油溶性モノマーの存在に依存する。この電気泳動組成物は、再度、水相におけるエマルジョンとして存在する。微小な疎水性の滴中のモノマーは、水相に導入されたモノマーと反応し、滴とそれと取り囲む水性媒体との間で重合し、そして滴の周りにシェルを形成する。得られた壁は、比較的薄く、そして透過性であり得るが、このプロセスは、ある他のプロセスの特徴的な高温を必要とせず、そしてそのため、誘電液体を選択する観点からより大きな多様性を与える。

10

#### 【0088】

コーティング補助剤を使用して、コーティングされるかまたは印刷された電気泳動インク材料の均一性および質を改善することができる。浸潤剤は、典型的に、コーティング／基質界面での界面張力を調節し、そして液体／空気表面張力を調節するために添加される。浸潤剤には、アニオン性およびカチオン性の界面活性剤、ならびに非イオン性種（例えば、シリコーンまたはフルオロポリマーベースの材料）が含まれるが、これらに限定されない。分散剤は、カプセルとバインダーとの間の界面張力を改良するために使用し得、凝析および粒子沈殿（*settling*）に対する制御を提供する。

#### 【0089】

界面張力改良剤は、空気／インク界面張力を調節するために使用され得る。ポリシロキサンは、コーティング内の他の欠点を最小にしながらも、表面レベリングを改善するためのそのような適用において、典型的に使用される。表面張力改良剤には、以下が挙げられるが、これらに限定されない：フッ素化界面活性剤、例えば、DuPont（Wilmington DE）からのZonyl（登録商標）シリーズ、3M（St. Paul, MN）からのFluorod（登録商標）シリーズ、およびAutochem（Glen Rock, NJ）からのフッ化アルキルシリーズ、シロキサン、例えば、Union Carbide（Danbury, CT）からのSilwet（登録商標）、ならびに、ポリエトキシアルコールおよびポリプロポキシアルコール。シリコーンおよびシリコーンを含まないポリマー材料のような消泡剤は、インク内から表面への空気の移動を高め、そしてコーティング表面での泡の破裂を容易にするために添加され得る。他の有用な消泡剤には、以下が挙げられるが、これらに限定されない：グリセリルエステル、多価アルコール、調合された消泡剤、例えば、アルキルベンゼン、天然の油脂、脂肪酸、および金属石鹸の油溶液、ならびにジメチルシロキサンポリマーとシリカとの組み合わせから作製されたシリコーン消泡剤。安定剤（例えば、UV吸収剤および抗酸化剤）はまた、インクの寿命を向上させるために添加され得る。

20

30

#### 【0090】

コーティングの粘度および気泡のような他の性質を制御するための他の添加剤はまた、コーティング流体において使用され得る。安定剤（UV吸収剤、抗酸化剤）および他の添加剤は、実際の材料において、有用であることが証明されている。

#### 【0091】

40

#### （E. バインダー材料）

バインダーは、非伝導性の、接着性媒体として用いられ、カプセルを支持および保護すると同時に、カプセル分散系に電極材料をボンディングさせる。バインダーは、多くの形態および化学的タイプで利用される。中でも、これらは、水溶性ポリマー、水性ポリマー（*water-borne polymers*）、油性ポリマー、熱硬化性ポリマーおよび熱可塑性ポリマー、ならびに放射線硬化ポリマーである。中でも、水溶性ポリマーは、種々の多糖類、ポリビニルアルコール、N-メチルピロリドン、N-ビニルピロリドン、種々のCarbowax（登録商標）種（Union Carbide, Danbury, CT）、ならびにポリ（2-ヒドロキシエチルアクリレート）である。

#### 【0092】

50

水分散系または水系 (water-borne systems) は、一般に、ラテックス組成物であり、Neorez (登録商標) 樹脂およびNeocryl (登録商標) 樹脂 (Zeneca Resins, Wilmington, MA)、Acrysol (登録商標) (Rohm and Haas, Philadelphia, PA)、Bayhydrol (登録商標) (Bayer, Pittsburgh, PA)、ならびにCytec Industries (West Paterson, NJ) のHP系列によって代表される。これらは、一般に、ポリウレタンのラテックスであり、アクリル樹脂、ポリエステル、ポリカーボネートまたはポリシリコンの1つ以上としばしば混合される。それらの各々は、ガラス転移温度、「タック」の程度、柔らかさ、透明度、可撓性、水透過性および耐溶媒性、伸び弾性率および引張強度、熱可塑性流動 (thermoplastic flow)、ならびに固体レベル (solids level) によって規定される特定の組の特性を、最終的な硬化樹脂に付与する。幾つかの水系は、反応性モノマーと混合され、そして触媒して、より複雑な樹脂を形成し得る。幾つかは、例えば、カルボキシル基と反応するアジリジンのような架橋剤の使用によって、さらに架橋され得る。

#### 【0093】

水系樹脂および水性カプセルの典型的な適用は、以下のとおりである。ある体積の粒子が、過剰の水を分離するために、低い速度で遠心分離される。所定の遠心分離プロセス (例えば、60×Gで10分間) の後、カプセルが、遠心分離管の底部に見出され、一方で、水の部分が上部にある。その水の部分は、(デカンテーションまたはピペッティングによって) 注意深く取り除かれる。残るカプセルの質量が計測され、そしてある質量の樹脂がカプセルの重量の8分の1と10分の1との間になるように、ある質量の樹脂が添加される。この混合物は、約1時間30分の間、振動ミキサで穏やかに混合される。約1時間30分後、その混合物は、適切な基質上にコーティングされるように準備される。

#### 【0094】

熱硬化系は、エポキシのファミリーによって例示される。これらの二成分系は、粘度において、かなり変化し得、そしてその対の反応性は、混合物の「ポット寿命 (pot life)」を決定する。ポット寿命が、コーティング作業を可能にするほど十分に長い場合、カプセルは、樹脂の硬化および固化の前のコーティングプロセスにおいて、秩序だった取り合わせでコーティングされ得る。

#### 【0095】

熱可塑性樹脂は、通常ポリエステルであり、高温で溶融する。このタイプの製品の典型的な適用は、ホットメルト接着剤である。耐熱性カプセルの分散系は、そのような媒体においてコーティングされ得る。固体化プロセスは、冷却の間に開始し、そして最終的な硬度、透明度、および可撓性は、ポリマーの分岐および分子量によって影響される。

#### 【0096】

油または油溶性ポリマーは、水自体を明らかに除いて、水系と組成において、しばしば類似している。溶媒系に対する処方自由度は、膨大であり、溶媒選択およびポリマーの溶解度によってのみ制限される。溶媒ベースの系における相当な関与は、カプセル自体の実行可能性である。カプセル壁の完全性は、溶媒によって、いかなる方法においても、妥協され得ない。

#### 【0097】

放射線硬化樹脂は、溶媒ベースの系において、一般的に見出される。カプセルは、そのような媒体中に分散され、そしてコーティングされ得、次いで、樹脂が、閾値レベルの紫外線放射 (長波長または短波長のいずれか) への、所定の時間の暴露によって硬化され得る。ポリマー樹脂を硬化するすべての場合のように、最終的な特性は、モノマー、オリゴマーおよび架橋剤の分岐および分子量によって決定される。

#### 【0098】

しかし、複数の「水で還元可能な」モノマーおよびオリゴマーは、市販されている。厳密的な意味では、それらは水に可溶ではないが、低濃度では許容可能な希釈剤であり、混合物において容易に分散され得る。これらの条件下では、水は、粘度を低減させるために使

10

20

30

40

50

用される（最初に、数百～数千センチポアズ）。例えば、プロテインまたはポリサッカライドから作成されたカプセルのような水ベースのカプセルは、粘度が十分に低下された場合、このような媒体中に分散され得、かつコーティングされ得る。このような系中の硬化は、一般的には紫外線照射によって行われる。

【0099】

本発明が特定の好適な実施形態に対して特に示され、かつ説明されてきたが、形態および詳細の種々の変化が、添付の特許請求の範囲によって定義されたように本発明の精神および範囲から逸脱することなく、本発明においてなされ得ることが理解されるべきである

【図面の簡単な説明】

【0100】

10

【図1】図1は、ディスプレイアセンブリの実施形態の概略的平面図を示す。

【図2a】図2aは、図1のディスプレイアセンブリの代替の実施形態の平面図を示す。

【図2b】図2bは、図2aのディスプレイに一樣に対応する断面図を示す。

【図3a】図3aは、図1のディスプレイアセンブリの代替の実施形態の平面図を示す。

【図3b】図3bは、図3aのディスプレイに一樣に対応する断面図を示す。

【図4a】図4aは、4つのキャラクタディスプレイアセンブリの実施形態の平面底面図を示す。

【図4b】図4bは、図4aの4つのキャラクタディスプレイアセンブリの上面図を示す。

【図4c】図4cは、図4bのアセンブリのキャラクタの1つのディスプレイ素子の構成を示す。

20

【図5】図5は、一般的なディスプレイアセンブリの製造プロセスのフローチャートを示す。

【図6】図6は、可撓性ディスプレイアセンブリに対する製造プロセスの実施形態のフローチャートを示す。

【図5】

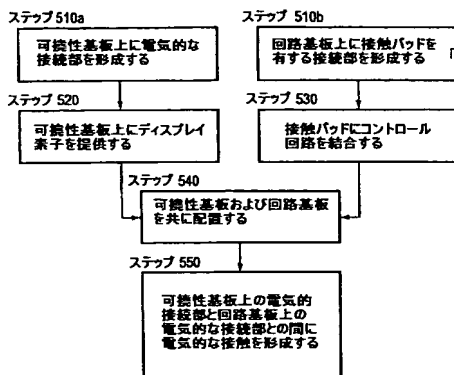


FIG. 5

【図6】

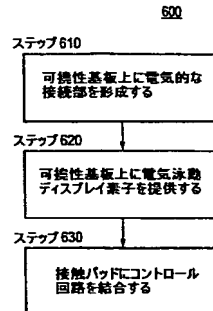


FIG. 6

## 【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
13 February 2003 (13.02.2003)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 03/013148 A2

- (51) International Patent Classification: H04N 9/00 (81) Designated States (national): AF, AG, AI, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GR, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (21) International Application Number: PCT/US02/21967 (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GI, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), European patent (AM, AZ, BZ, EG, GR, HU, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW).
- (22) International Filing Date: 11 July 2002 (11.07.2002)
- (23) International Filing Date: 11 July 2002 (11.07.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 09/917,525 27 July 2001 (27.07.2001) US
- (71) Applicant: E.INK CORPORATION (US); 733 Concord Avenue, Cambridge, MA 02138 (US).
- (72) Inventors: ALBERT, Jonathan, D.; 346 Putnam Avenue, Cambridge, MA 02139 (US); GATES, Holly, G.; 733 Concord Avenue, Cambridge, MA 02138 (US).
- (74) Agent: ROSE, Jamie, II.; Tenna, Hertz & Thibault, 111 F. High Street Tower, 125 High Street, Boston, MA 02110 (US).
- Published: without international search report and to be republished upon receipt of that report.
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.



WO 03/013148 A2

(54) Title: MICROENCAPSULATED ELECTROPHORETIC DISPLAY WITH INTEGRATED DRIVER

(57) Abstract: A mounted display assembly comprises a flexible substrate that supports both display elements and control circuits. The display assembly generally comprises: an electrical connection (formed on the flexible substrate, the electrical connection having first and second contact pads; a display element in electrical communication with the first contact pad; and a control circuit mounted on the flexible substrate and in electrical communication with the second contact pad. In a preferred embodiment, the display element comprises a microencapsulated electrophoretic display medium. In another embodiment, printing processes are employed in manufacturing methods for the display assembly.

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 1 -

**MICROENCAPSULATED ELECTROPHORETIC DISPLAY  
WITH INTEGRATED DRIVER**

Technical Field

The invention relates generally to panel-type display devices and more particularly to flexible electrophoretic displays.

Background of the Invention

5 Panel-type electronic display devices typically require a rigid circuit board mounted control circuit. For example, the liquid crystal displays found in laptop computers typically have several integrated circuits mounted on circuit boards, the circuit boards arranged around the liquid crystal portion of the panel. As panels of increasing size and resolution are developed, panels tend to require larger and heavier circuit boards in the manufacture of the display.

10 Such printed circuit boards are expensive to manufacture and present the additional cost and complexity of physical and electrical interfacing with other display components. The added manufacturing steps required to connect the electrical conductors on the display medium portion of a display, e.g. the liquid crystal portion, with the electrical conductors on a circuit board also lead to yield loss.

15 It would be desirable, for many applications, to have thin, flexible displays, though liquid crystal media are not well suited to use with flexible substrates. Combined use of flexible substrates and lower cost conductor printing methods holds the potential of lower cost displays for a variety of uses, such as: rolled displays; affordable large area displays; displays incorporated into fabrics; and as a paper substitute. Unfortunately, the cost of circuit boards and  
20 the mating of circuit boards to substrates are two impediments to realization of the advantages of flexible displays.

Summary of the Invention

In a broad sense, the invention provides simpler, lower cost manufacturing methods and realization of the advantages of flexible displays through better use of flexible substrates. In one  
25 aspect, the invention provides a lower-cost, more flexible, and more useful display device through an electrophoretic display assembly and method of manufacturing the electrophoretic display assembly. In one embodiment, the display assembly comprises: a flexible substrate; an

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 2 -

electrical connection formed on the flexible substrate; the electrical connection having first and second contact pads; an electrophoretic display element in electrical communication with the first contact pad; and a control circuit mounted on the flexible substrate and in electrical communication with the second contact pad.

5 A method of manufacturing the electrophoretic display assembly, in one embodiment, comprises: formation of electrical connections, including contact pads, on a flexible substrate; mounting a control circuit on the flexible substrate by bonding control circuit leads to the contact pads; and forming one or more electrophoretic display elements on the flexible substrate, where the control circuit drives the display elements.

10 In the case of prior art display assemblies with display elements on rigid or flexible substrates, control circuitry is typically mounted on rigid circuit boards. The substrate portion of the display assembly and the control circuitry portions must then be physically joined. This approach has cost and reliability disadvantages.

In contrast, the present invention, in one aspect, provides co-location of display elements and control circuitry on a shared, flexible substrate. This permits manufacturing of a flexible panel display. In one embodiment, use of an electrophoretic display medium, in particular an encapsulated electrophoretic display medium, leads to a flexible display that can be substantially flexed without substantial detrimental impact on the optical performance of the display medium.

15 Use of an encapsulated electrophoretic display medium further permits use of lower cost printing methods for deposition of the display medium. In a preferred embodiment, the display assembly provides for printing of electrical connections between display elements and control circuitry in a single printing step.

20 In one aspect, the invention eliminates the manufacturing steps that would be entailed in electrically and physically joining separate display medium substrate and control circuit substrate portions of a display. In the preferred embodiment of a common flexible substrate shared by the display medium and the control circuit, joining steps are eliminated, cost and yield are improved, and an overall more flexible structure is obtained.

25 The invention permits advantageous use of an electrophoretic display medium. An electrophoretic display has attributes of good brightness and contrast, wide viewing angles, state bistability, and low power consumption when compared with liquid crystal displays. In particular, use of an encapsulated (or "microencapsulated") electrophoretic display medium

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 3 -

provides advantages, such as the ability to print or coat the display medium on a wide variety of flexible or rigid substrates. Further, because the display medium can be printed (using a variety of methods), the display itself can be made less expensively.

5 A microencapsulated electrophoretic display medium is well suited to flexible display applications, since it can tolerate a high degree of flexing without substantial detrimental impact on its optical performance.

#### Brief Description of the Drawings

10 The invention, in accordance with preferred and exemplary embodiments, together with further advantages thereof, is more particularly described in the following detailed description, taken in conjunction with the accompanying drawings.

In the drawings, like reference characters generally refer to the same parts throughout the different views. Also, the drawings are not necessarily to scale, emphasis instead generally being placed upon illustrating principles of the invention.

Figure 1 shows a diagrammatic planar view of an embodiment of a display assembly.

15 Figure 2a shows a planar view of an alternative embodiment of the display assembly of Figure 1.

Figure 2b shows a cross-sectional view that generally corresponds to the display of Figure 2a.

20 Figure 3a shows a planar view of an alternative embodiment of the display assembly of Figure 1.

Figure 3b shows a cross-sectional view that generally corresponds to the display of Figure 3a.

Figure 4a shows a planar bottom view of an embodiment of a four-character display assembly.

25 Figure 4b shows a top view of the four-character display assembly of Figure 4a.

Figure 4c shows the configuration of display elements of one of the characters of the assembly of Figure 4b.

Figure 5 shows a flow chart of a typical display assembly manufacturing process.

Figure 6 shows a flow chart of an embodiment of a manufacturing process for a flexible



WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 4 -

display assembly.

Detailed Description of the Invention

In broad overview, the invention entails support of an electrophoretic display medium, control circuits, and electrical conductors on a common flexible substrate. This leads to manufacturing with lower cost of processing steps, and higher product yield. The resulting flexible display assembly has many advantageous uses, for example, in production of large area displays or display devices that can be flexed or rolled.

I. An Electrophoretic Display Assembly

Figure 1, in broad overview, depicts a schematic representation of an embodiment of an electrophoretic display assembly 100. The display assembly 100 comprises: electrophoretic display elements 110, each element 110 corresponding to a single pixel of the display assembly 100; a control circuit 130, the control circuit 130 in electrical communication with the display elements 110 via drive signal electrical connections 120, and in electrical communication with other components (not shown) either present on or off of a flexible substrate 140 via other electrical connections 150, where the display elements 110, the control circuit 130, and the drive signal electrical connections 120 are supported by the flexible substrate 140. The terms "control circuit" and "control circuitry" are here used interchangeably and can comprise single or multiple components.

For simplicity, nine display elements 110 are shown in Figure 1. Generally, however, the display assembly 100 would include a larger number of display elements 110. Further, a variety of shapes can be employed for the display elements 110 to provide, for example, a more pleasing appearance in alphanumeric data presented by the display assembly 100.

The control circuit 130 is generally comprised of one or more integrated circuits (the terms "IC" or "chip" are here used interchangeably with "integrated circuit"), such as driver chips, interface chips and other control chips. In one embodiment, the control circuit 130 comprises one or more driver chips, the driver chips supplying drive voltages to the display elements 110. In an alternative of this embodiment, interface chips, either supported on or off the flexible substrate 140 can mediate electrical communication between one or more driver chips mounted on the flexible substrate 140 and other IC's mounted either on or off the flexible substrate 140.

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 5 -

In further detail, referring to Figure 2a, an embodiment of a display assembly 140 with four display elements 110 in electrical communication with a single driver chip 131 is shown. The drive signal electrical connections 120 comprise four individual electrical connections 123, one for each of the four display elements 110 depicted in Figure 2.

5 The individual electrical connections 123 are lines of conductive material, the conductive material being deposited via a number of possible processes. In a preferred embodiment, the conductive material is deposited by printing methods, employing, for example, electrically conductive ink. This provides for relatively low cost processing. Further, electrical connections 123 can be formed in a single step, further reducing processing cost and enhancing  
10 manufacturing yield.

The display 100 can employ various materials. The flexible substrate 140 can comprise a polyester sheet with electrical connections 123 formed of copper by conventional patterning techniques. Alternatively, the electrical connections 123 can be printed with silver ink or carbon ink. The electrical connections can be coated by printing with a dielectric, for example a  
15 polymer. Vias through the dielectric can provide for electrical contact to a display element 110. Each electrical connection 123 is in communication with a first contact pad 121 and a second contact pad 122. Further, each first contact pad 121 is in electrical communication with one of the display elements 110 while each of the second contact pads 122 is in electrical  
20 communication with the driver chip 131. The driver chip 131 is in electrical communication with other contact pads 151 to provide for electrical communication with other IC's (not shown) of the control circuit 130.

Referring to Figure 2b, a cross-section view corresponding in general principles to the embodiment of Figure 2a is shown. In this embodiment, the display element 110 is comprised of: a pixel electrode 111, an electrophoretic display medium 113; and a second electrode 112. In  
25 this embodiment, each display element 110 has its own pixel electrode 111 while the second electrode 112 can be shared by more than one display element 110. That is, a common second electrode 112 can extend across multiple display elements 110, and preferably extends across all the display elements 110.

The first contact pad 121 can contact the pixel electrode 111 along the side of the pixel  
30 electrode 111, as indicated in Figure 2a. Alternatively, the first contact pad 121 can contact the pixel electrode 111 at any location on a surface of the pixel electrode 111, though preferably on a surface opposite to the display medium 113.

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 6 -

In the embodiment of Figure 2b, the driver chip 131 makes electrical contact with the second contact pads 122 and other contact pads 151 through leads 132 and a bonding material 124. The bonding material comprises any material that is suitable for physically securing electrical communication between a lead 132 and a contact pad 124, for example an anisotropic conductive film (ACF), a conductive epoxy (such as silver-filled epoxy), an electrically conductive thermoset, silver paint, an electrically conductive ink, or an electrically conductive paint.

Alternatively, the driver chip leads 132 can be physically and electrically fixed to the contact pads 122, 151 via compression bonding. In a further alternative, the driver chip 131 can be mounted on the flexible substrate 140 through a socket device (not shown), where the socket device is supported by the flexible substrate 140 and in electrical communication with the contact pads 122 and 151. For example, the driver chip 131 or other control circuit 130 chips can be removably mounted in a control circuit carrier.

Referring to Figure 3a, an alternative embodiment of the electrophoretic display assembly 100 has individual electrical connections 123 that are electrically isolated by an insulating layer (shown only in Figure 3b) from the pixel electrodes 111. Referring to Figure 3b, a cross-section view of an embodiment that corresponds to the general principles of the embodiment of Figure 3a is shown. An insulating layer 114 provides electrical isolation between the electrical connection 123 and the pixel electrode 111. In general, the insulating layer 114 provides electrical isolation between the pixel electrode 111 and the portion of the electrical connections 120 that lie between the pixel electrode 111 and the flexible substrate 140.

In the embodiments of Figures 3a and 3b, a conductive via 125 provides electrical communication between the contact pad 121 and the pixel electrode 111. The via 125 provides a conductive pathway through the insulating layer 114. The via 125 and the insulating layer 114 can be formed by a number of processes, for example by printing of dielectric and conductive materials.

In an alternative embodiment of the display assembly 100, the order of deposition of materials 120, 114, 111, 113, 112 on the flexible substrate 140 is inverted. In an example of this embodiment, the flexible substrate 140, such as a 4 mil thick polyester sheet, is deposited, through a printing process, or by vacuum deposition, a transparent conductive coating for the electrode 112. The electrode 112 can comprise a conductive polymer. A microencapsulated electrophoretic display medium 113 is then printed upon the conductive coating, followed by

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 7 -

printing of a patterned conducting layer comprising, for example, graphite or silver. The patterned conducting layer comprises the pixel electrode 111. Intermediate to the display medium 113 and the patterned conducting layer, a insulating layer 114 comprised of a printed dielectric can be deposited as well as deposit of vias 125 by printing.

5 In a further alternative embodiment, the electrode 112 and a microencapsulated electrophoretic display medium 113 are deposited on a second flexible substrate (not shown) followed by lamination of the second flexible substrate to the flexible substrate 140. After the lamination process, the electrophoretic display medium 113 is adjacent to the pixel electrode 111.

10 In a preferred embodiment, the display medium 113 comprises a microencapsulated electrophoretic medium. Microcapsules have, for example, a diameter in a range of approximately 20 to 500 micrometers. The optical performance of such a medium is substantially unaffected by curvatures with a radius of ten times or less the typical radius of microcapsules in the medium. For example, for microcapsules with a radius of 150 micrometers, 15 the medium can sustain a bend with a radius of 1.5 millimeters or less.

The pixel electrodes 111 address and are in proximity to the electrophoretic display medium 113. The display medium 113 has electrically-responsive optical properties. By selectively altering the optical properties of the display elements 110 using the pixel electrodes 111, images or text can be displayed. As used herein, the term "proximity" refers to a distance 20 through which a voltage may be applied to the display element thereby to alter its optical properties in a localized manner. As noted in embodiments described above, the pixel electrodes 111 are adjacent to the display medium 113 and can be in contact with the display medium 113.

The pixel electrodes 111 can be used to address a variety of different types of display elements 110, including, but not limited to, those with non-light emissive display media, for 25 example, liquid crystals, and bichromal spheres.

Now referring to Figures 4a - 4c, an embodiment of a four-character display assembly 400 is schematically depicted. Figure 4a shows a bottom view of the display assembly 400. Figure 4b shows a top view of the display assembly 400.

30 The display assembly 400 includes four character display units 401, each capable of displaying, for example, a letter or number. Each display unit 401 includes sixty three display elements 101a. Figure 4c shows the configuration of the sixty three display elements 101a of

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 8 -

one of the characters of the assembly 400, from a top view perspective. This configuration of display elements 101a is well suited for displaying alphanumeric characters.

Drive signal electrical connections 120a electrically connect driver chips 131a (one for each display unit 401) to the display elements 101a. Hence, each driver chip 131a is connected  
5 by sixty three individual electrical connections to its associated character display unit 401.

The display assembly 400 includes a flexible substrate 140a and other electrical connections 150a to connect the driver chips 131a to other components. For example, a series of display assemblies 400 can be combined to create a display with more than four characters in a row or more than one row of characters.

## 10 II. Method Of Manufacturing An Electrophoretic Display Assembly

As discussed above, the various embodiments of the display assembly 100 enable lower cost, higher yield manufacturing processes as well as flexible display devices. Advantages of the invention are illustrated in the following discussion of manufacturing methods.

Figure 5 shows a flowchart of an example of a prior art manufacturing process for a display assembly. Firstly, electrical connections are formed on a flexible substrate (Step 510a).  
15 Independently, electrical connections, including contact pads, must be formed on circuit boards (Step 510b). Display elements are then provided on the flexible substrate (Step 520) while, again independently, control circuit leads are bonded to the contact pads on the circuit boards (Step 530). The flexible substrate and the circuit boards must then be physically mounted to  
20 each other either directly or indirectly (Step 540) and electrical contact must be made between the electrical connections on the flexible substrate and the electrical connections on the circuit boards (Step 550).

In the prior art approach, an additional row of contact pads are typically formed along one edge of the flexible substrate. This row of contact pads is then used for electrically mating  
25 the flexible substrate portion of the display assembly with the circuit boards.

The circuit boards employed in the prior art process are typically heavy, expensive, and rigid. Use of circuit boards thus leads to an inherently less flexible display assembly. Connecting the circuit boards with the substrate leads to cost and yield loss through added manufacturing steps. In particular, the necessity of forming electrical contact between the  
30 electrical connections on the various component parts of the display leads to added cost, time in manufacture and yield loss.

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 9 -

In contrast, referring to Figure 6, an embodiment of a manufacturing process 600 for a display assembly as contemplated by the present invention provides several advantages over the process described above. Firstly, electrical connections, including contact pads, are formed on a flexible substrate (Step 610). Then electrophoretic display elements are provided on the substrate (Step 620). Lastly, control circuits leads are bonded to the contact pads (Step 630). In this embodiment, the lead-contact pad bonding provides both electrical communication and physical support for the control circuits on the substrate.

This embodiment eliminates various disadvantages in prior art manufacturing methods. Electrical connections that serve display elements and control circuits can be formed in a single, cost and yield improving step. Size, weight, and overall flexibility are improved by elimination of rigid circuit boards. In addition to cost savings, this embodiment permits realization of advantages of flexibility offered by use of a flexible substrate. For example, use of a display assembly manufactured in this manner permits fabrication of a flexible display device that can be rolled for storage purposes.

In a preferred embodiment, an encapsulated electrophoretic display assembly is manufactured with use of printing or coating steps on a wide variety of flexible substrates. As used herein, the term "printing" includes all forms of printing and coating, including, but not limited to, pre-metered coatings such as patch die coating, slot or extrusion coating, slide or cascade coating, and curtain coating; roll coating such as knife over roll coating, forward and reverse roll coating, gravure coating, dip coating, spray coating, meniscus coating, spin coating, brush coating, air knife coating, silk screen printing processes, electrostatic printing processes, thermal printing processes, and other similar techniques. Thus, the resulting display can be flexible. Further, because the display medium 113 can be printed (using a variety of methods), the display itself can be made inexpensively.

In a preferred embodiment, a microencapsulated electrophoretic display medium 113 comprising, in part, a flexible binder material, is employed. Such a display medium 113 is amenable to significant flexing. Flexing of the display medium 113 does not affect the optical appearance of the medium. That is, the electrophoretic particles remain in the same position within the microcapsules without regard to the overall orientation or curvature of the binder or display.

Further, printing methods can be used to form the electrical connections and other conductive portions of a display. A rear conductor ("rear" referring to a side of a display that is

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 10 -

opposite to that viewed by a user) can be either opaque or transparent. This allows the use of a variety of printed rear conductors, including graphite inks, silver inks, or conductive polymers.

The front conductor ("front" referring to a side of a display that is viewed by a user) must be transparent, but need not have excellent conductivity. Even materials with relatively poor conductivity, though amenable to printing, can be employed, for example conductive colloidal suspensions and conductive polymers such as are commonly used in anti-static applications.

A microencapsulated electrophoretic medium, unlike a liquid crystal medium, is amenable to use with a wide number of intrinsically conductive polymer systems, including derivatives of polyaniline, polypyrrole, polythiophene, and polyphenylenevinylene.

In short, the present invention permits a more advantageous use of cost savings and mechanical flexibility allowed by use of printing methods for formation of conducting materials in a display assembly.

The following describes in detail various embodiments of materials with applications to the electrophoretic display medium 113.

### III. Materials for Use in Electrophoretic Displays

Useful materials for constructing the above-described encapsulated electrophoretic displays are discussed in detail below. Many of these materials will be known to those skilled in the art of constructing conventional electrophoretic displays, or those skilled in the art of microencapsulation. The combination of these materials and processes, along with the other necessary components found in an encapsulated electrophoretic display, comprise the invention described herein.

#### A. Particles

There is much flexibility in the choice of particles for use in electrophoretic displays, as described above. For purposes of this invention, a particle is any component that is charged or capable of acquiring a charge (*i.e.*, has or is capable of acquiring electrophoretic mobility), and, in some cases, this mobility may be zero or close to zero (*i.e.*, the particles will not move). The particles may be neat pigments, dyed (laked) pigments or pigment/polymer composites, or any

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 11 -

other component that is charged or capable of acquiring a charge. Typical considerations for the electrophoretic particle are its optical properties, electrical properties, and surface chemistry.

The particles may be organic or inorganic compounds, and they may either absorb light or scatter light. The particles for use in the invention may further include scattering pigments, absorbing pigments and luminescent particles. The particles may be retroreflective, such as corner cubes, or they may be electroluminescent, such as zinc sulfide particles, which emit light when excited by an AC field, or they may be photoluminescent. Finally, the particles may be surface treated so as to improve charging or interaction with a charging agent, or to improve dispersibility.

A preferred particle for use in electrophoretic displays of the invention is Titania. The titania particles may be coated with a metal oxide, such as aluminum oxide or silicon oxide, for example. The titania particles may have one, two, or more layers of metal-oxide coating. For example, a titania particle for use in electrophoretic displays of the invention may have a coating of aluminum oxide and a coating of silicon oxide. The coatings may be added to the particle in any order.

The electrophoretic particle is usually a pigment, a polymer, a laked pigment, or some combination of the above. A neat pigment can be any pigment, and, usually for a light colored particle, pigments such as, for example, rutile (titania), anatase (titania), barium sulfate, kaolin, or zinc oxide are useful. Some typical particles have high refractive indices, high scattering coefficients, and low absorption coefficients. Other particles are absorptive, such as carbon black or colored pigments used in paints and inks. The pigment should also be insoluble in the suspending fluid. Yellow pigments such as diarylide yellow, hansa yellow, and benzidine yellow have also found use in similar displays. Any other reflective material can be employed for a light colored particle, including non-pigment materials, such as metallic particles.

Useful neat pigments include, but are not limited to,  $\text{PbCrO}_4$ , Cyan blue GT 55-3295 (American Cyanamid Company, Wayne, NJ), Cibacron Black BG (Ciba Company, Inc.,



WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 12 -

Newport, DE), Cibacron Turquoise Blue G (Ciba), Cibalon Black BGL (Ciba), Orasol Black BRG (Ciba), Orasol Black RBL (Ciba), Acetamine Black, CBS (E. I. du Pont de Nemours and Company, Inc., Wilmington, DE), Croccin Scarlet N Ex (du Pont) (27290), Fiber Black VF (DuPont) (30235), Luxol Fast Black L (DuPont) (Solv. Black 17), Niroline Base No. 424 (DuPont) (50415 B), Oil Black BG (DuPont) (Solv. Black 16), Rotalin Black RM (DuPont), Sevron Brilliant Red 3 B (DuPont); Basic Black DSC (Dye Specialties, Inc.), Hectolene Black (Dye Specialties, Inc.), Azosol Brilliant Blue B (GAF, Dyestuff and Chemical Division, Wayne, NJ) (Solv. Blue 9), Azosol Brilliant Green BA (GAF) (Solv. Green 2), Azosol Fast Brilliant Red B (GAF), Azosol Fast Orange RA Conc. (GAF) (Solv. Orange 20), Azosol Fast Yellow GRA Conc. (GAF) (13900 A), Basic Black KMPA (GAF), Benzofix Black CW-CF (GAF) (35435), Cellitazol BNFV Ex Soluble CF (GAF) (Disp. Black 9), Celliton Fast Blue AF Ex Conc (GAF) (Disp. Blue 9), Cyper Black IA (GAF) (Basic Blk. 3), Diamine Black CAP Ex Conc (GAF) (30235), Diamond Black EAN Hi Conc. CF (GAF) (15710), Diamond Black PBBA Ex (GAF) (16505); Direct Deep Black EA Ex CF (GAF) (30235), Hansa Yellow G (GAF) (11680);

15 Indanthrene Black BBK Powd. (GAF) (59850), Indocarbon CLGS Conc. CF (GAF) (53295), Katigen Deep Black NND Hi Conc. CF (GAF) (15711), Rapidogen Black 3 G (GAF) (Azoic Blk. 4); Sulphone Cyanine Black BA-CF (GAF) (26370), Zambezi Black VD Ex Conc. (GAF) (30015); Rubanox Red CP-1495 (The Sherwin-Williams Company, Cleveland, OH) (15630); Raven 11 (Columbian Carbon Company, Atlanta, GA), (carbon black aggregates with a particle

20 size of about 25  $\mu\text{m}$ ), Statex B-12 (Columbian Carbon Co.) (a furnace black of 33  $\mu\text{m}$  average particle size), and chrome green.

Particles may also include laked, or dyed, pigments. Laked pigments are particles that have a dye precipitated on them or which are stained. Lakes are metal salts of readily soluble anionic dyes. These are dyes of azo, triphenylmethane or anthraquinone structure containing one

25 or more sulphonic or carboxylic acid groupings. They are usually precipitated by a calcium,

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 13 -

barium or aluminum salt onto a substrate. Typical examples are peacock blue lake (CI Pigment Blue 24) and Persian orange (lake of CI Acid Orange 7), Black M Toner (GAF) (a mixture of carbon black and black dye precipitated on a lake).

A dark particle of the dyed type may be constructed from any light absorbing material, such as carbon black, or inorganic black materials. The dark material may also be selectively absorbing. For example, a dark green pigment may be used. Black particles may also be formed by staining latices with metal oxides, such latex copolymers consisting of any of butadiene, styrene, isoprene, methacrylic acid, methyl methacrylate, acrylonitrile, vinyl chloride, acrylic acid, sodium styrene sulfonate, vinyl acetate, chlorostyrene, dimethylaminopropylmethacrylamide, isocyanatoethyl methacrylate and N-(isobutoxymethacrylamide), and optionally including conjugated diene compounds such as diacrylate, triacrylate, dimethylacrylate and trimethacrylate. Black particles may also be formed by a dispersion polymerization technique.

In the systems containing pigments and polymers, the pigments and polymers may form multiple domains within the electrophoretic particle, or be aggregates of smaller pigment/polymer combined particles. Alternatively, a central pigment core may be surrounded by a polymer shell. The pigment, polymer, or both can contain a dye. The optical purpose of the particle may be to scatter light, absorb light, or both. Useful sizes may range from 1 nm up to about 100  $\mu\text{m}$ , as long as the particles are smaller than the bounding capsule. In a preferred embodiment, the density of the electrophoretic particle may be substantially matched to that of the suspending (*i.e.*, electrophoretic) fluid. As defined herein, a suspending fluid has a density that is "substantially matched" to the density of the particle if the difference in their respective densities is between about zero and about two g/ml. This difference is preferably between about zero and about 0.5 g/ml.

Useful polymers for the particles include, but are not limited to: polystyrene,

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 14 -

polyethylene, polypropylene, phenolic resins, Du Pont Elvax resins (ethylene-vinyl acetate copolymers), polyesters, polyacrylates, polymethacrylates, ethylene acrylic acid or methacrylic acid copolymers (Nucel Resins - DuPont, Primacor Resins- Dow Chemical), acrylic copolymers and terpolymers (Elvacite Resins, DuPont) and PMMA. Useful materials for homopolymer /  
5 pigment phase separation in high shear melt include, but are not limited to, polyethylene, polypropylene, polymethylmethacrylate, polyisobutylmethacrylate, polystyrene, polybutadiene, polyisoprene, polyisobutylene, polylauryl methacrylate, polystearyl methacrylate, polyisobornyl methacrylate, poly-t-butyl methacrylate, polyethyl methacrylate, polymethyl acrylate, polyethyl acrylate, polyacrylonitrile, and copolymers of two or more of these materials. Some useful  
10 pigment/polymer complexes that are commercially available include, but are not limited to, Process Magenta PM 1776 (Magruder Color Company, Inc., Elizabeth, NJ), Methyl Violet PMA VM6223 (Magruder Color Company, Inc., Elizabeth, NJ), and Naphthol FGR RF6257 (Magruder Color Company, Inc., Elizabeth, NJ).

The pigment-polymer composite may be formed by a physical process, (e.g., attrition or  
15 ball milling), a chemical process (e.g., microencapsulation or dispersion polymerization), or any other process known in the art of particle production. From the following non-limiting examples, it may be seen that the processes and materials for both the fabrication of particles and the charging thereof are generally derived from the art of liquid toner, or liquid immersion development. Thus any of the known processes from liquid development are particularly, but  
20 not exclusively, relevant.

New and useful electrophoretic particles may still be discovered, but a number of particles already known to those skilled in the art of electrophoretic displays and liquid toners can also prove useful. In general, the polymer requirements for liquid toners and encapsulated electrophoretic inks are similar, in that the pigment or dye must be easily incorporated therein,  
25 either by a physical, chemical, or physicochemical process, may aid in the colloidal stability, and

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 15 -

may contain charging sites or may be able to incorporate materials which contain charging sites. One general requirement from the liquid toner industry that is not shared by encapsulated electrophoretic inks is that the toner must be capable of "fixing" the image, *i.e.*, heat fusing together to create a uniform film after the deposition of the toner particles.

5 Typical manufacturing techniques for particles are drawn from the liquid toner and other arts and include ball milling, attrition, jet milling, *etc.* The process will be illustrated for the case of a pigmented polymeric particle. In such a case the pigment is compounded in the polymer, usually in some kind of high shear mechanism such as a screw extruder. The composite material is then (wet or dry) ground to a starting size of around 10  $\mu\text{m}$ . It is then dispersed in a carrier  
10 liquid, for example ISOPAR<sup>®</sup> (Exxon, Houston, TX), optionally with some charge control agent(s), and milled under high shear for several hours down to a final particle size and/or size distribution.

Another manufacturing technique for particles drawn from the liquid toner field is to add the polymer, pigment, and suspending fluid to a media mill. The mill is started and  
15 simultaneously heated to temperature at which the polymer swells substantially with the solvent. This temperature is typically near 100°C. In this state, the pigment is easily encapsulated into the swollen polymer. After a suitable time, typically a few hours, the mill is gradually cooled back to ambient temperature while stirring. The milling may be continued for some time to achieve a small enough particle size, typically a few micrometers in diameter. The charging  
20 agents may be added at this time. Optionally, more suspending fluid may be added.

Chemical processes such as dispersion polymerization, mini- or micro-emulsion polymerization, suspension polymerization precipitation, phase separation, solvent evaporation, *in situ* polymerization, seeded emulsion polymerization, or any process which falls under the general category of microencapsulation may be used. A typical process of this type is a phase  
25 separation process wherein a dissolved polymeric material is precipitated out of solution onto a

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 16 -

dispersed pigment surface through solvent dilution, evaporation, or a thermal change. Other processes include chemical means for staining polymeric lattices, for example with metal oxides or dyes.

B. Suspending Fluid

5 The suspending fluid containing the particles can be chosen based on properties such as density, refractive index, and solubility. A preferred suspending fluid has a low dielectric constant (about 2), high volume resistivity (about  $10^{15}$  ohm-cm), low viscosity (less than 5 cst), low toxicity and environmental impact, low water solubility (less than 10 ppm), high specific gravity (greater than 1.5), a high boiling point (greater than 90°C), and a low refractive index  
10 (less than 1.2).

The choice of suspending fluid may be based on concerns of chemical inertness, density matching to the electrophoretic particle, or chemical compatibility with both the electrophoretic particle and bounding capsule. The viscosity of the fluid should be low when you want the  
15 particles to move. The refractive index of the suspending fluid may also be substantially matched to that of the particles. As used herein, the refractive index of a suspending fluid "is substantially matched" to that of a particle if the difference between their respective refractive indices is between about zero and about 0.3, and is preferably between about 0.05 and about 0.2.

Additionally, the fluid may be chosen to be a poor solvent for some polymers, which is advantageous for use in the fabrication of microparticles because it increases the range of  
20 polymeric materials useful in fabricating particles of polymers and pigments. Organic solvents, such as halogenated organic solvents, saturated linear or branched hydrocarbons, silicone oils, and low molecular weight halogen-containing polymers are some useful suspending fluids. The suspending fluid may comprise a single fluid. The fluid will, however, often be a blend of more than one fluid in order to tune its chemical and physical properties. Furthermore, the fluid may  
25 contain surface modifiers to modify the surface energy or charge of the electrophoretic particle

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 17 -

or bounding capsule. Reactants or solvents for the microencapsulation process (oil soluble monomers, for example) can also be contained in the suspending fluid. Charge control agents can also be added to the suspending fluid.

Useful organic solvents include, but are not limited to, epoxides, such as, for example, decane epoxide and dodecane epoxide; vinyl ethers, such as, for example, cyclohexyl vinyl ether and Decave® (International Flavors & Fragrances, Inc., New York, NY); and aromatic hydrocarbons, such as, for example, toluene and naphthalene. Useful halogenated organic solvents include, but are not limited to, tetrafluorodibromethylene, tetrachloroethylene, trifluorochloroethylene, 1,2,4-trichlorobenzene, carbon tetrachloride. These materials have high densities. Useful hydrocarbons include, but are not limited to, dodecane, tetradecane, the aliphatic hydrocarbons in the Isopar® series (Exxon, Houston, TX), Norpar® (series of normal paraffinic liquids), Shell-Sol® (Shell, Houston, TX), and Sol-Trol® (Shell), naphtha, and other petroleum solvents. These materials usually have low densities. Useful examples of silicone oils include, but are not limited to, octamethyl cyclsiloxane and higher molecular weight cyclic siloxanes, poly (methyl phenyl siloxane), hexamethyldisiloxane, and polydimethylsiloxane. These materials usually have low densities. Useful low molecular weight halogen-containing polymers include, but are not limited to, poly(chlorotrifluoroethylene) polymer (Halogenated hydrocarbon Inc., River Edge, NJ), Galden® (a perfluorinated ether from Ausimont, Morristown, NJ), or Krytox® from DuPont (Wilmington, DE). In a preferred embodiment, the suspending fluid is a poly(chlorotrifluoroethylene) polymer. In a particularly preferred embodiment, this polymer has a degree of polymerization from about 2 to about 10. Many of the above materials are available in a range of viscosities, densities, and boiling points.

The fluid must be capable of being formed into small droplets prior to a capsule being formed. Processes for forming small droplets include flow-through jets, membranes, nozzles, or orifices, as well as shear-based emulsifying schemes. The formation of small drops may be

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 18 -

assisted by electrical or sonic fields. Surfactants and polymers can be used to aid in the stabilization and emulsification of the droplets in the case of an emulsion type encapsulation. A preferred surfactant for use in displays of the invention is sodium dodecylsulfate.

It can be advantageous in some displays for the suspending fluid to contain an optically absorbing dye. This dye must be soluble in the fluid, but will generally be insoluble in the other components of the capsule. There is much flexibility in the choice of dye material. The dye can be a pure compound, or blends of dyes to achieve a particular color, including black. The dyes can be fluorescent, which would produce a display in which the fluorescence properties depend on the position of the particles. The dyes can be photoactive, changing to another color or becoming colorless upon irradiation with either visible or ultraviolet light, providing another means for obtaining an optical response. Dyes could also be polymerizable, forming a solid absorbing polymer inside the bounding shell.

There are many dyes that can be chosen for use in encapsulated electrophoretic display. Properties important here include light fastness, solubility in the suspending liquid, color, and cost. These are generally from the class of azo, anthraquinone, and triphenylmethane type dyes and may be chemically modified so as to increase the solubility in the oil phase and reduce the adsorption by the particle surface.

A number of dyes already known to those skilled in the art of electrophoretic displays will prove useful. Useful azo dyes include, but are not limited to: the Oil Red dyes, and the Sudan Red and Sudan Black series of dyes. Useful anthraquinone dyes include, but are not limited to: the Oil Blue dyes, and the Macrolex Blue series of dyes. Useful triphenylmethane dyes include, but are not limited to, Michler's hydrol, Malachite Green, Crystal Violet, and Auramine O.

C. Charge Control Agents and Particle Stabilizers

Charge control agents are used to provide good electrophoretic mobility to the

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 19 -

electrophoretic particles. Stabilizers are used to prevent agglomeration of the electrophoretic particles, as well as prevent the electrophoretic particles from irreversibly depositing onto the capsule wall. Either component can be constructed from materials across a wide range of molecular weights (low molecular weight, oligomeric, or polymeric), and may be pure or a mixture. In particular, suitable charge control agents are generally adapted from the liquid toner art. The charge control agent used to modify and/or stabilize the particle surface charge is applied as generally known in the arts of liquid toners, electrophoretic displays, non-aqueous paint dispersions, and engine-oil additives. In all of these arts, charging species may be added to non-aqueous media in order to increase electrophoretic mobility or increase electrostatic stabilization. The materials can improve steric stabilization as well. Different theories of charging are postulated, including selective ion adsorption, proton transfer, and contact electrification.

An optional charge control agent or charge director may be used. These constituents typically consist of low molecular weight surfactants, polymeric agents, or blends of one or more components and serve to stabilize or otherwise modify the sign and/or magnitude of the charge on the electrophoretic particles. The charging properties of the pigment itself may be accounted for by taking into account the acidic or basic surface properties of the pigment, or the charging sites may take place on the carrier resin surface (if present), or a combination of the two.

Additional pigment properties which may be relevant are the particle size distribution, the chemical composition, and the lightfastness. The charge control agent used to modify and/or stabilize the particle surface charge is applied as generally known in the arts of liquid toners, electrophoretic displays, non-aqueous paint dispersions, and engine-oil additives. In all of these arts, charging species may be added to non-aqueous media in order to increase electrophoretic mobility or increase electrostatic stabilization. The materials can improve steric stabilization as well. Different theories of charging are postulated, including selective ion adsorption, proton



WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 20 -

transfer, and contact electrification.

Charge adjuvants may also be added. These materials increase the effectiveness of the charge control agents or charge directors. The charge adjuvant may be a polyhydroxy compound or an aminoalcohol compound, which are preferably soluble in the suspending fluid in an amount of at least 2% by weight. Examples of polyhydroxy compounds which contain at least two hydroxyl groups include, but are not limited to, ethylene glycol, 2,4,7,9-tetramethyl-decane-4,7-diol, poly(propylene glycol), pentaerythritol, tripropylene glycol, triethylene glycol, glycerol, pentaerythritol, glycerol tris(12-hydroxystearate), propylene glycol monohydroxystearate, and ethylene glycol monohydroxystearate. Examples of aminoalcohol compounds which contain at least one alcohol function and one amine function in the same molecule include, but are not limited to, triisopropanolamine, triethanolamine, ethanolamine, 3-amino-1-propanol, o-aminophenol, 5-amino-1-pentanol, and tetrakis(2-hydroxyethyl)ethylene-diamine. The charge adjuvant is preferably present in the suspending fluid in an amount of about 1 to about 100 mg/g of the particle mass, and more preferably about 50 to about 200 mg/g.

The surface of the particle may also be chemically modified to aid dispersion, to improve surface charge, and to improve the stability of the dispersion, for example. Surface modifiers include organic siloxanes, organohalogen silanes and other functional silane coupling agents (Dow Corning® Z-6070, Z-6124, and 3 additive, Midland, MI); organic titanates and zirconates (Tyzor® TOT, TBT, and TE Series, DuPont, Wilmington, DE); hydrophobing agents, such as long chain (C12 to C50) alkyl and alkyl benzene sulphonic acids, fatty amines or diamines and their salts or quaternary derivatives; and amphipathic polymers which can be covalently bonded to the particle surface.

In general, it is believed that charging results as an acid-base reaction between some moiety present in the continuous phase and the particle surface. Thus useful materials are those which are capable of participating in such a reaction, or any other charging reaction as known in

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 21 -

the art.

Different non-limiting classes of charge control agents which are useful include organic sulfates or sulfonates, metal soaps, block or comb copolymers, organic amides, organic zwitterions, and organic phosphates and phosphonates. Useful organic sulfates and sulfonates include, but are not limited to, sodium bis(2-ethyl hexyl) sulfosuccinate, calcium dodecyl benzene sulfonate, calcium petroleum sulfonate, neutral or basic barium dinonylnaphthalene sulfonate, neutral or basic calcium dinonylnaphthalene sulfonate, dodecylbenzenesulfonic acid sodium salt, and ammonium lauryl sulphate. Useful metal soaps include, but are not limited to, basic or neutral barium petronate, calcium petronate, Co-, Ca-, Cu-, Mn-, Ni-, Zn-, and Fe- salts of naphthenic acid, Ba-, Al-, Zn-, Cu-, Pb-, and Fe- salts of stearic acid, divalent and trivalent metal carboxylates, such as aluminum tristearate, aluminum octanoate, lithium heptanoate, iron stearate, iron distearate, barium stearate, chromium stearate, magnesium octanoate, calcium stearate, iron naphthenate, and zinc naphthenate, Mn- and Zn- heptanoate, and Ba-, Al-, Co-, Mn-, and Zn- octanoate. Useful block or comb copolymers include, but are not limited to, AB diblock copolymers of (A) polymers of 2-(N,N)-dimethylaminoethyl methacrylate quaternized with methyl-p-toluenesulfonate and (B) poly(2-ethylhexyl methacrylate), and comb graft copolymers with oil soluble tails of poly (12-hydroxystearic acid) and having a molecular weight of about 1800, pendant on an oil-soluble anchor group of poly (methyl methacrylate-methacrylic acid). Useful organic amides include, but are not limited to, polyisobutylene succinimides such as OLOA 1200 or 3700, and N-vinyl pyrrolidone polymers. Useful organic zwitterions include, but are not limited to, lecithin. Useful organic phosphates and phosphonates include, but are not limited to, the sodium salts of phosphated mono- and di-glycerides with saturated and unsaturated acid substituents.

Particle dispersion stabilizers may be added to prevent particle flocculation or attachment to the capsule walls. For the typical high resistivity liquids used as suspending fluids in

WO 03/013148

PCT/US02/1967

- 22 -

electrophoretic displays, nonaqueous surfactants may be used. These include, but are not limited to, glycol ethers, acetylenic glycols, alkanolamides, sorbitol derivatives, alkyl amines, quaternary amines, imidazolines, dialkyl oxides, and sulfosuccinates.

#### D. Encapsulation

5        There is a long and rich history to encapsulation, with numerous processes and polymers having proven useful in creating capsules. Encapsulation of the internal phase may be accomplished in a number of different ways. Numerous suitable procedures for microencapsulation are detailed in both *Microencapsulation, Processes and Applications*, (L. E. Vandegheer, ed.), Plenum Press, New York, NY (1974) and Gutcho, *Microcapsules and*  
10 *Microencapsulation Techniques*, Nuyes Data Corp., Park Ridge, N.J. (1976). The processes fall into several general categories, all of which can be applied to the present invention: interfacial polymerization, *in situ* polymerization, physical processes, such as coextrusion and other phase separation processes, in-liquid curing, and simple/complex coacervation.

Numerous materials and processes should prove useful in formulating displays of the  
15 present invention. Useful materials for simple coacervation processes include, but are not limited to, gelatin, polyvinyl alcohol, polyvinyl acetate, and cellulosic derivatives, such as, for example, carboxymethylcellulose. Useful materials for complex coacervation processes include, but are not limited to, gelatin, acacia, carageenan, carboxymethylcellulose, hydrolyzed styrene anhydride copolymers, agar, alginate, casein, albumin, methyl vinyl ether co-maleic anhydride,  
20 and cellulose phthalate. Useful materials for phase separation processes include, but are not limited to, polystyrene, PMMA, poly(ethyl methacrylate), poly(butyl methacrylate), ethyl cellulose, poly(vinyl pyridine), and polyacrylonitrile. Useful materials for *in situ* polymerization processes include, but are not limited to, polyhydroxyamides, with aldehydes, melamine, or urea and formaldehyde; water-soluble oligomers of the condensate of melamine, or urea and

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 23 -

formaldehyde; and vinyl monomers, such as, for example, styrene, MMA and acrylonitrile.

Finally, useful materials for interfacial polymerization processes include, but are not limited to, diacyl chlorides, such as, for example, sebacoyl, adipoyl, and di- or poly- amines or alcohols, and isocyanates. Useful emulsion polymerization materials may include, but are not limited to, 5 styrene, vinyl acetate, acrylic acid, butyl acrylate, t-butyl acrylate, methyl methacrylate, and butyl methacrylate.

Capsules produced may be dispersed into a curable carrier, resulting in an ink which may be printed or coated on large and arbitrarily shaped or curved surfaces using conventional printing and coating techniques.

10 In the context of the present invention, one skilled in the art will select an encapsulation procedure and wall material based on the desired capsule properties. These properties include the distribution of capsule radii; electrical, mechanical, diffusion, and optical properties of the capsule wall; and chemical compatibility with the internal phase of the capsule.

The capsule wall generally has a high electrical resistivity. Although it is possible to use 15 walls with relatively low resistivities, this may limit performance in requiring relatively higher addressing voltages. The capsule wall should also be mechanically strong (although if the finished capsule powder is to be dispersed in a curable polymeric binder for coating, mechanical strength is not as critical). The capsule wall should generally not be porous. If, however, it is desired to use an encapsulation procedure that produces porous capsules, these can be overcoated 20 in a post-processing step (*i.e.*, a second encapsulation). Moreover, if the capsules are to be dispersed in a curable binder, the binder will serve to close the pores. The capsule walls should be optically clear. The wall material may, however, be chosen to match the refractive index of the internal phase of the capsule (*i.e.*, the suspending fluid) or a binder in which the capsules are to be dispersed. For some applications (*e.g.*, interposition between two fixed electrodes), 25 monodispersed capsule radii are desirable.

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 24 -

An encapsulation procedure involves a polymerization between urea and formaldehyde in an aqueous phase of an oil/water emulsion in the presence of a negatively charged, carboxyl-substituted, linear hydrocarbon polyelectrolyte material. The resulting capsule wall is a urea/formaldehyde copolymer, which discretely encloses the internal phase. The capsule is clear, mechanically strong, and has good resistivity properties.

The related technique of *in situ* polymerization utilizes an oil/water emulsion, which is formed by dispersing the electrophoretic composition (*i.e.*, the dielectric liquid containing a suspension of the pigment particles) in an aqueous environment. The monomers polymerize to form a polymer with higher affinity for the internal phase than for the aqueous phase, thus condensing around the emulsified oily droplets. In one especially useful *in situ* polymerization processes, urea and formaldehyde condense in the presence of poly(acrylic acid) (See, *e.g.*, U.S. Patent No. 4,001,140). In other useful process, any of a variety of cross-linking agents borne in aqueous solution is deposited around microscopic oil droplets. Such cross-linking agents include aldehydes, especially formaldehyde, glyoxal, or glutaraldehyde; alum; zirconium salts; and poly isocyanates. The entire disclosures of the 4,001,140 and 4,273,672 patents are hereby incorporated by reference herein.

The coacervation approach also utilizes an oil/water emulsion. One or more colloids are coacervated (*i.e.*, agglomerated) out of the aqueous phase and deposited as shells around the oily droplets through control of temperature, pH and/or relative concentrations, thereby creating the microcapsule. Materials suitable for coacervation include gelatins and gum arabic.

The interfacial polymerization approach relies on the presence of an oil-soluble monomer in the electrophoretic composition, which once again is present as an emulsion in an aqueous phase. The monomers in the minute hydrophobic droplets react with a monomer introduced into the aqueous phase, polymerizing at the interface between the droplets and the surrounding

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 25 -

aqueous medium and forming shells around the droplets. Although the resulting walls are relatively thin and may be permeable, this process does not require the elevated temperatures characteristic of some other processes, and therefore affords greater flexibility in terms of choosing the dielectric liquid.

5 Coating aids can be used to improve the uniformity and quality of the coated or printed electrophoretic ink material. Wetting agents are typically added to adjust the interfacial tension at the coating/substrate interface and to adjust the liquid/air surface tension. Wetting agents include, but are not limited to, anionic and cationic surfactants, and nonionic species, such as silicone or fluoropolymer based materials. Dispersing agents may be used to modify the  
10 interfacial tension between the capsules and binder, providing control over flocculation and particle settling.

Surface tension modifiers can be added to adjust the air/ink interfacial tension. Polysiloxanes are typically used in such an application to improve surface leveling while minimizing other defects within the coating. Surface tension modifiers include, but are not  
15 limited to, fluorinated surfactants, such as, for example, the Zonyl® series from DuPont (Wilmington, DE), the Fluorod® series from 3M (St. Paul, MN), and the fluoroalkyl series from Autochem (Glen Rock, NJ); siloxanes, such as, for example, Silwet® from Union Carbide (Danbury, CT); and polyethoxy and polypropoxy alcohols. Antifoams, such as silicone and silicone-free polymeric materials, may be added to enhance the movement of air from within the  
20 ink to the surface and to facilitate the rupture of bubbles at the coating surface. Other useful antifoams include, but are not limited to, glyceryl esters, polyhydric alcohols, compounded antifoams, such as oil solutions of alkyl benzenes, natural fats, fatty acids, and metallic soaps, and silicone antifoaming agents made from the combination of dimethyl siloxane polymers and silica. Stabilizers such as uv-absorbers and antioxidants may also be added to improve the  
25 lifetime of the ink.

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 26 -

Other additives to control properties like coating viscosity and foaming can also be used in the coating fluid. Stabilizers (UV-absorbers, antioxidants) and other additives which could prove useful in practical materials.

#### E. Binder Material

5 The binder is used as a non-conducting, adhesive medium supporting and protecting the capsules, as well as binding the electrode materials to the capsule dispersion. Binders are available in many forms and chemical types. Among these are water-soluble polymers, water-borne polymers, oil-soluble polymers, thermoset and thermoplastic polymers, and radiation-cured polymers.

10 Among the water-soluble polymers are the various polysaccharides, the polyvinyl alcohols, N-methylpyrrolidone, N-vinylpyrrolidone, the various Carbowax<sup>®</sup> species (Union Carbide, Danbury, CT), and poly(2-hydroxyethyl acrylate).

The water-dispersed or water-borne systems are generally latex compositions, typified by the Neorex<sup>®</sup> and Neocryl<sup>®</sup> resins (Zeneca Resins, Wilmington, MA), Acrysol<sup>®</sup> (Rohm and Haas, Philadelphia, PA), Bayhydrol<sup>®</sup> (Bayer, Pittsburgh, PA), and the Cytec Industries (West Paterson, NJ) HP line. These are generally latices of polyurethanes, occasionally compounded with one or more of the acrylics, polyesters, polycarbonates or silicones, each lending the final cured resin in a specific set of properties defined by glass transition temperature, degree of "tack," softness, clarity, flexibility, water permeability and solvent resistance, elongation modulus and tensile strength, thermoplastic flow, and solids level. Some water-borne systems can be mixed with reactive monomers and catalyzed to form more complex resins. Some can be further cross-linked by the use of a crosslinking reagent, such as an aziridine, for example, which reacts with carboxyl groups.

25 A typical application of a water-borne resin and aqueous capsules follows. A volume of particles is centrifuged at low speed to separate excess water. After a given centrifugation

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 27 -

process, for example 10 minutes at 60 x G, the capsules are found at the bottom of the centrifuge tube, while the water portion is at the top. The water portion is carefully removed (by decanting or pipetting). The mass of the remaining capsules is measured, and a mass of resin is added such that the mass of resin is between one eighth and one tenth of the weight of the capsules. This mixture is gently mixed on an oscillating mixer for approximately one half hour. After about one half hour, the mixture is ready to be coated onto the appropriate substrate.

The thermoset systems are exemplified by the family of epoxies. These binary systems can vary greatly in viscosity, and the reactivity of the pair determines the "pot life" of the mixture. If the pot life is long enough to allow a coating operation, capsules may be coated in an ordered arrangement in a coating process prior to the resin curing and hardening.

Thermoplastic polymers, which are often polyesters, are molten at high temperatures. A typical application of this type of product is hot-melt glue. A dispersion of heat-resistant capsules could be coated in such a medium. The solidification process begins during cooling, and the final hardness, clarity and flexibility are affected by the branching and molecular weight of the polymer.

Oil or solvent-soluble polymers are often similar in composition to the water-borne system, with the obvious exception of the water itself. The latitude in formulation for solvent systems is enormous, limited only by solvent choices and polymer solubility. Of considerable concern in solvent-based systems is the viability of the capsule itself - the integrity of the capsule wall cannot be compromised in any way by the solvent.

Radiation cure resins are generally found among the solvent-based systems. Capsules may be dispersed in such a medium and coated, and the resin may then be cured by a timed exposure to a threshold level of ultraviolet radiation, either long or short wavelength. As in all cases of curing polymer resins, final properties are determined by the branching and molecular weights of the monomers, oligomers and crosslinkers.



WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 28 -

A number of "water-reducible" monomers and oligomers are, however, marketed. In the strictest sense, they are not water soluble, but water is an acceptable diluent at low concentrations and can be dispersed relatively easily in the mixture. Under these circumstances, water is used to reduce the viscosity (initially from thousands to hundreds of thousands centipoise). Water-based capsules, such as those made from a protein or polysaccharide material, for example, could be dispersed in such a medium and coated, provided the viscosity could be sufficiently lowered. Curing in such systems is generally by ultraviolet radiation.

While the invention has been particularly shown and described with reference to specific preferred embodiments, it should be understood by those skilled in the art that various changes in form and detail may be made therein without departing from the spirit and scope of the invention as defined by the appended claims.

What is claimed is:

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 29 -

## CLAIMS

- 1 1. A mounted electrophoretic display assembly, comprising:
  - 2 a flexible substrate;
  - 3 an electrical connection formed on said flexible substrate and having first and second
  - 4 contact pads spaced from one another;
  - 5 an electrophoretic display element in electrical communication with said first contact pad;
  - 6 and
  - 7 a control circuit mounted on said flexible substrate and in electrical communication with
  - 8 said second contact pad.
- 1 2. The display assembly of claim 1, wherein said control circuit is connected to said second
- 2 contact pad with a curable, electrically conductive thermoset.
- 1 3. The display assembly of claim 1, wherein said control circuit is connected to said second
- 2 contact pad with an electrically conductive ink.
- 1 4. The display assembly of claim 1, wherein said control circuit is connected to said second
- 2 contact pad with an electrically conductive paint.
- 1 5. The display assembly of claim 1, wherein said control circuit is connected to said second
- 2 contact pad by being removably mounted in a control circuit carrier that is in electrical
- 3 communication with said second contact pad.
- 1 6. The display assembly of claim 1 wherein said control circuit comprises an electrophoretic
- 2 display driver chip.
- 1 7. A method of manufacturing an electrophoretic display assembly, comprising the steps of:
  - 2 providing a flexible substrate;
  - 3 forming upon said substrate an electrical connection having a first contact pad and a second
  - 4 contact pad spaced from one another;
  - 5 mounting upon said substrate a control circuit in electrical communication with said second
  - 6 contact pad; and
  - 7 providing an electrophoretic display element in electrical communication with said first
  - 8 contact pad.
- 1 8. The method of claim 7, wherein the step of forming upon said substrate an electrical
- 2 connection comprises a printing process.
- 1 9. The method of claim 7, wherein the step of providing an electrophoretic display element
- 2 comprises a printing process.
- 1 10. A method of manufacturing an electrophoretic display assembly, comprising the steps of:

WO 03/013148

PCT/US02/21967

- 30 -

- 2 providing a first flexible substrate;  
3 forming upon said first flexible substrate an electrical connection having a first contact pad  
4 and a second contact pad separated from each other;  
5 mounting on said first flexible substrate a control circuit in electrical communication with  
6 said second contact pad;  
7 providing a second flexible substrate;  
8 disposing upon said second flexible substrate an electrophoretic display element; and  
9 disposing said first flexible substrate adjacent said second flexible substrate so that said  
10 first contact pad addresses said electrophoretic display element.
- 1 11. The method of claim 10, wherein the step of disposing upon said second flexible substrate  
2 an electrophoretic display element comprises a printing process.
- 1 12. The method of claim 10, wherein the step of disposing said first flexible substrate adjacent  
2 said second flexible substrate further comprises a laminating process.

WO 03/013148

PCT/US02/21967

1/8

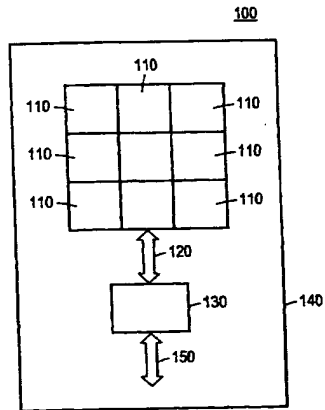


FIG. 1

WO 03/013148

PCT/US02/21967

2/8

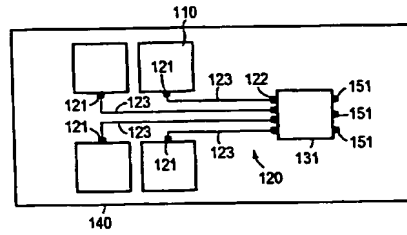


FIG. 2A

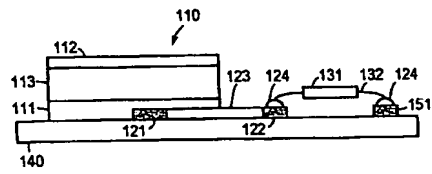


FIG. 2B

WO 03/013148

PCT/US02/21967

3/8

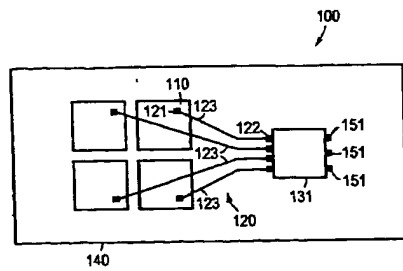


FIG. 3A

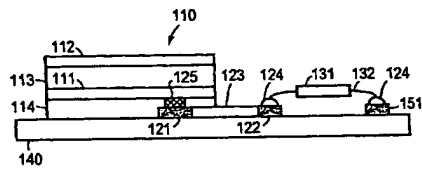


FIG. 3B

WO 03/013142

PCT/US02/21967

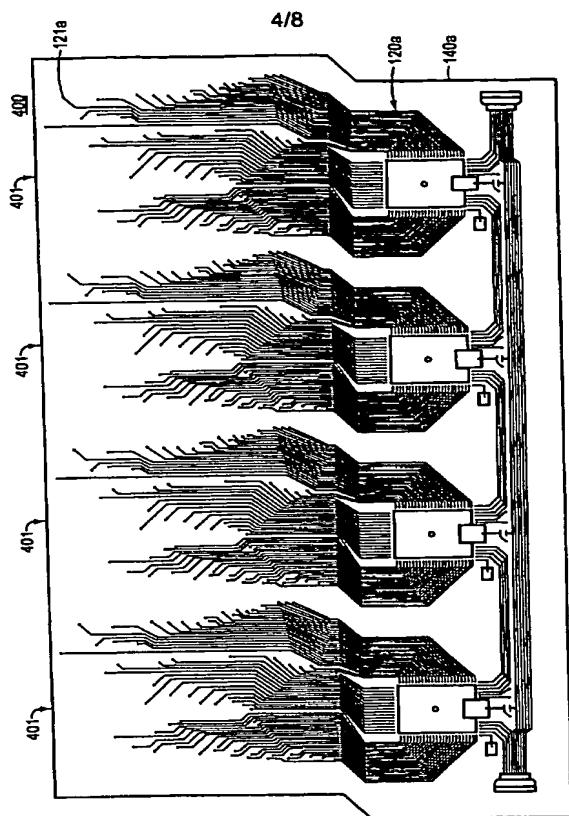
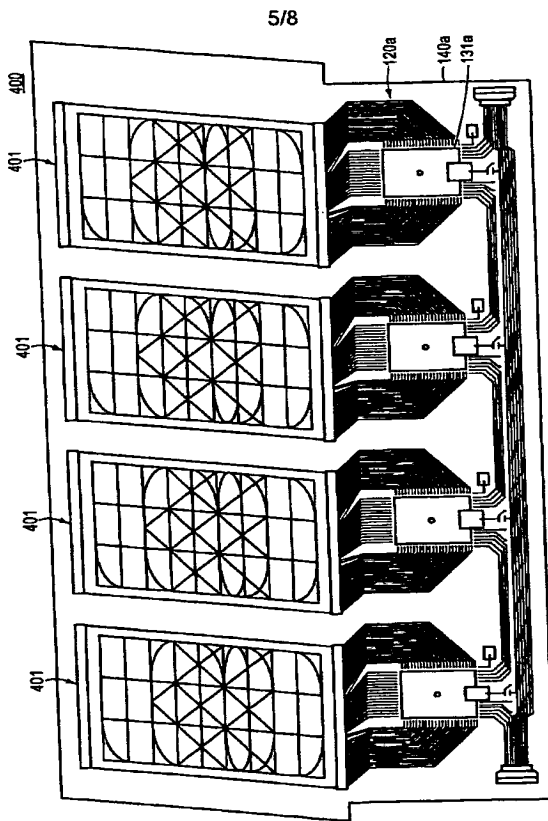


FIG. 4A

WO 03/013148

PCT/US02/21967





WO 03/013148

PCT/US02/21967

6/8

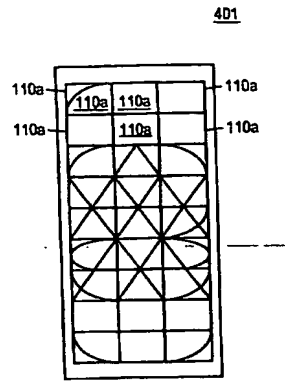


FIG. 4C

7/8

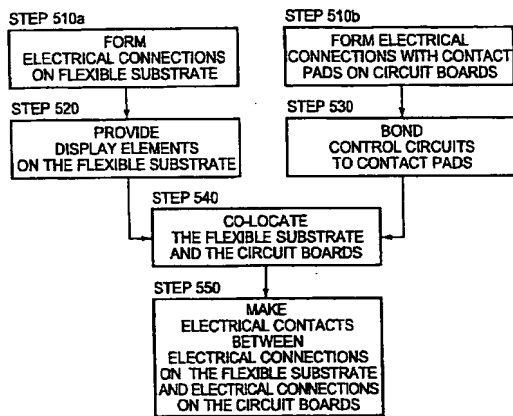


FIG. 5

WO 03/013148

PCT/US02/21967

8/8

600

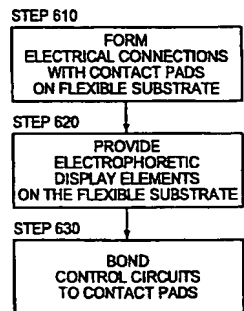


FIG. 6

## 【国際公開パンフレット（コレクトバージョン）】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
13 February 2003 (13.02.2003)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 03/013148 A3

(51) International Patent Classification: G02F 1/167, 1/13

(81) Designated States (national): AU, AG, AI, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GR, GU, HD, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(21) International Application Number: PCT/US02/21967

(22) International Filing Date: 11 July 2002 (11.07.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Date: 09/01/2001 27 July 2001 (27.07.2001) US

(71) Applicant: E INK CORPORATION (US); 733 Concord Avenue, Cambridge, MA 02138 (US).

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GN, GQ, GW, ML, MR, NI, SN, TD, TG).

Published:  
— with international search report

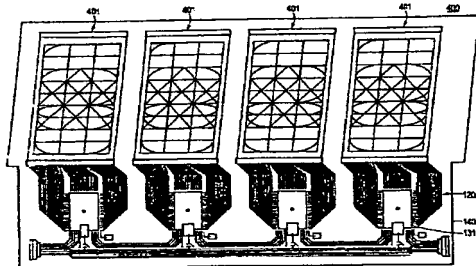
(72) Inventors: ALBERT, Jonathan, D.; 346 Putnam Avenue, Cambridge, MA 02139 (US); GATES, Holly, G.; 733 Concord Avenue, Cambridge, MA 02138 (US).

(88) Date of publication of the international search report: 11 December 2003

(74) Agent: ROSE, Jamie, H.; Testa, Hurwitz &amp; Thibault, LLP, 1155 Street Tower, 125 High Street, Boston, MA 02110 (US).

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: MICROENCAPSULATED ELECTROPHORETIC DISPLAY WITH INTEGRATED DRIVER



(57) Abstract: A mounted display assembly comprises a flexible substrate that supports both display elements and control circuits. The display assembly generally comprises: an electrical connection formed on the flexible substrate, the electrical connection having first and second contact pads; a display element in electrical communication with the first contact pad; and a control circuit mounted on the flexible substrate and in electrical communication with the second contact pad. In a preferred embodiment, the display element comprises a microencapsulated electrophoretic display medium. In another embodiment, printing processes are employed in manufacturing methods for the display assembly.

WO 03/013148 A3

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US 02/21967
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 602F1/167 602F1/13		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 602F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the data searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
EPO-Internal, PAJ, INSPEC, MPI Data, COMPENDEX		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Abstract of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 00 05704 A (ALBERT JONATHAN D ;E INK CORP (US)) 3 February 2000 (2000-02-03) page 10, line 3 -page 10, line 20; figures 4B, 4C, 9 page 16, line 13 -page 18, line 4	1, 3, 4, 6-9
X	WO 00 36465 A (E INK CORP) 22 June 2000 (2000-06-22) page 7, line 21 -page 9, line 11; figures 4A, 4B, 6A, 6B claims 19-23	10-12
A		2
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 21, 3 August 2001 (2001-08-03) & JP 2001 109407 A (DAI NIPPON PRINTING CO LTD), 20 April 2001 (2001-04-20) abstract; figures 1-5	1, 6, 7
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in a note.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "C" another document not published on or after the international filing date "L" document which may throw doubt on priority claims or which is cited to substantiate the publication date of another citation or other special reason (see specification) "O" document entering in an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is considered in isolation "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is considered with one or more other cited documents, such contribution being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the latest completion of the international search		Date of mailing of the international search report
18 July 2003		29/07/2003
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 2955, 8001 Postfach 2 NL - 2220 HW Rijswijk Tel: (+31-70) 540-5040, Tx: 01 051 app nl Fax: (+31-70) 540-5070		Authorized officer Kiernan, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US 02/21967
C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	NAKAMURA E ET AL: "Development of electrophoretic display using microcapsulated suspension" 1998 SID INTERNATIONAL SYMPOSIUM DIGEST OF TECHNICAL PAPERS, ANAHEIM, CA, MAY 17 - 22, 1998, SID INTERNATIONAL SYMPOSIUM DIGEST OF TECHNICAL PAPERS, SANTA ANA, CA: SID, US, vol. 25, 17 May 1998 (1998-05-17), pages 1014-1017, XP002114866 ISSN: 0098-966X the whole document	1,7,10
A	US 5 279 694 A (DISANTO FRANK J ET AL) 18 January 1994 (1994-01-18) column 5, line 14 -column 8, line 23; figure 1	1,7,10

Form PCT/ISearch/1000-1000 of revised sheet 1 (April 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT				International Application No.	
Information on patent family members				PCT/US 02/21967	
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date		
WO 0005704	A	03-02-2000	AT 215255 T	15-04-2002	
			AU 5224399 A	14-02-2000	
			CA 2300827 A1	04-03-1999	
			CA 2300830 A1	04-03-1999	
			CA 2300849 A1	04-03-1999	
			CA 2336744 A1	03-02-2000	
			DE 69901120 D1	02-05-2002	
			DE 69901120 T2	19-12-2002	
			EP 1099207 A1	16-05-2001	
			US 2002089735 A1	11-07-2002	
			WO 0005704 A1	03-02-2000	
			US 6252564 B1	26-06-2001	
			US 6515649 B1	04-02-2003	
			US 6118426 A	12-09-2000	
			US 6262706 B1	17-07-2001	
			US 6459418 B1	01-10-2002	
			US 6067185 A	23-05-2000	
			US 6300932 B1	09-10-2001	
			US 6232950 B1	15-05-2001	
			US 2003034949 A1	20-02-2003	
			US 2003112491 A1	19-06-2003	
			US 6392785 B1	21-05-2002	
			US 6249271 B1	19-06-2001	
			US 2002018042 A1	14-02-2002	
WO 0036465	A	22-06-2000	US 2002063677 A1	30-05-2002	
			AT 232308 T	15-02-2003	
			AU 1940000 A	03-07-2000	
			AU 2186000 A	03-07-2000	
			CA 2352062 A1	22-06-2000	
			CA 2353608 A1	22-06-2000	
			DE 69905292 D1	13-03-2003	
			DE 69905292 T2	03-07-2003	
			EP 1149325 A1	31-10-2001	
			EP 1149423 A1	31-10-2001	
			JP 2002532756 T	02-10-2002	
			JP 2002540591 T	26-11-2002	
			WO 0036666 A1	22-06-2000	
			WO 0036465 A1	22-06-2000	
			US 2002053320 A1	09-05-2002	
			US 6312304 B1	06-11-2001	
			US 6498114 B1	24-12-2002	
JP 2001109407	A	20-04-2001	NONE		
US 5279694	A	18-01-1994	US 4892607 A	09-01-1990	
			US 5028841 A	02-07-1991	

## フロントページの続き

(81) 指定国 AP (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, N O, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72) 発明者 ゲイツ, ホリー ジー.

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02138, ケンブリッジ, コンコード アベニュー  
733

Fターム(参考) 5G435 AA00 AA17 BB11 EE37 EE47 HH18 KK05 KK09



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)